



**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**ANALISA OPTIMASI THROUGHPUT JARINGAN 4G  
SELULER PT. XL AXIATA AREA SURABAYA  
DITINJAU DARI KUALITAS RESOURCE**

Christian Nindia Pradhikta  
NRP 2212 100 032

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA  
Ir. Gatot Kusrahardjo, M.T.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016





**FINAL PROJECT - TE 141599**

**THROUGHPUT OPTIMIZATION ANALYSIS 4G  
CELLULAR NETWORK PT. XL AXIATA SURABAYA  
AREA VIEWED FROM REOSURCE QUALITY**

Christian Nindia Pradhikta  
NRP 2212 100 032

Supervisors  
Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA  
Ir. Gatot Kusrahardjo, M.T.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016





## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tugas akhir saya dengan judul **“Analisa Optimasi Throughput Jaringan 4G Seluler PT. XL Axiata Area Surabaya Ditinjau dari Kualitas Resource”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 22 Juni 2016

Christian                      Nindia  
Pradhikta  
NRP. 2212100032

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

**ANALISA OPTIMASI THROUGHPUT JARINGAN  
4G SELULER PT. XL AXIATA AREA SURABAYA  
DITINJAU DARI KUALITAS RESOURCE**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Pada**

**Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I,**

**Dosen Pembimbing II,**

**Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA**  
**NIP. 196510141990021001**

**Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.**  
**NIP. 195904281986011001**





*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# **ANALISA OPTIMASI JARINGAN 4G SELULER PT. XL AXIATA AREA SURABAYA DITINJAU DARI KUALITAS RESOURCE**

Christian Nindia Pradhikta  
2212 100 032

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA  
Dosen Pembimbing II : Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

## **ABSTRAK**

Perkembangan teknologi telekomunikasi seluler dan trend pengguna internet yang semakin tinggi memaksa operator telekomunikasi untuk terus melakukan inovasi dalam layanan seluler agar tetap menjadi yang terbaik pada bidangnya. Teknologi 4G yang masih dalam tahap berkembang di Indonesia menuntut penyedia jaringan, dalam hal ini operator, terus melakukan perbaikan baik dari sisi kualitas resource jaringan 4G. Optimasi jaringan 4G diperlukan untuk meningkatkan kualitas layanan yang dalam hal ini diwakilkan dalam bentuk *Key Performance Indicator* (KPI). Operator memiliki target dalam menjaga KPI jaringan 4G miliknya yang diinterpretasikan dalam bentuk *baseline* atau standard minimal. Optimasi yang dilakukan operator memiliki dasar atas 2 hal yaitu performansi KPI yang sudah melampaui atau tidak sesuai *baseline*, dan komplain langsung dari pelanggan. Analisa optimasi diperlukan agar optimasi yang dilaksanakan bisa diimplementasikan ke sistem secara tepat dan memberikan pengaruh yang nyata terhadap pelanggan.

Optimasi jaringan 4G didasarkan atas beberapa hal yaitu air-interface, transmisi, dan hardware. Setiap elemen memiliki pengaruh terhadap jaringan 4G baik secara independen maupun secara dependen. Optimasi reroute jaringan yang mengalami *bottleneck* dari sisi transmisi belum berhasil meningkatkan performansi speedtest throughput dan hanya sedikit meningkatkan KPI eNodeB pada sisi kualitas.

**Kata Kunci : Optimasi, LTE, *Key Performance Indicator***

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# **THROUGHPUT OPTIMIZATION ANALYSIS 4G CELLULAR NETWORK PT. XL AXIATA SURABAYA AREA VIEWED FROM RESOURCE QUALITY**

Christian Nindia Pradhikta  
2212 100 032

Supervisor I : Dr. Ir. Achmad Affandi, DEA  
Supervisor II : Ir. Gatot Kusrahardjo, MT.

## **ABSTRACT**

The development of mobile telecommunications technology and the trend of Internet users increasingly high forcing telecom operators to continue to innovate in the mobile services in order to remain the best in the field. 4G technology is still being developed in Indonesia requires a network provider, in this case the operator, continues to make improvements both in quality 4G network resources. 4G network optimization is required to improve the quality of service which in this case is represented in the form of Key Performance Indicator (KPI). The operator has to maintain KPI targets in its 4G network which is interpreted in the form of a baseline or minimum standard. Optimization is done carriers have a base on 2 things: KPI performance that has exceeded or is not appropriate baseline, and complaints directly from customers. Analysis of optimization is required so that optimization can be implemented properly implemented into the system and provide a real impact on the customer.

4G network optimization based on several things: the air-interface, transmission, and hardware. Each element has an influence on the 4G network either independently or dependently.

Optimization of reroute transmission route has not managed to increase throughput but slightly increased KPI performance of the eNodeB.

**Keyword : Optimization, LTE, Key Performance Indicator**

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT serta tak lupa shalawat dan salam dihaturkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman. Karena atas rahmat dan karunia – Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan buku Tugas Akhir dengan judul :

### **“ANALISA OPTIMASI THROUGHPUT JARINGAN 4G SELULER PT. XL AXIATA AREA SURABAYA DITINJAU DARI KUALITAS RESOURCE”**

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan dan kerjasama dari berbagai pihak segala kendala dapat teratasi. Untuk itu penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
2. Bapak Achmad Affandi dan Bapak Gatot Kusrahardjo selaku dosen pembimbing atas segala bantuan, perhatian, dan arahan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Irfan Hermawan dan Bapak Afrik Kurnia Firmansyah selaku pembimbing lapangan yang sudah membimbing dengan sabar dan memberikan ilmunya.
4. Bapak Endroyono selaku Koordinator Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia Jurusan Teknik Elektro ITS.
5. Bapak Ardyono selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS.
6. Bapak dan Ibu dosen bidang studi Telekomunikasi Multimedia, Teknik Elektro ITS

Penulis menyadari bahwa pada penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xxv</b>
<b>1 BAB 1 .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Metodologi.....	3
1.5.1 Studi Literatur .....	3
1.5.2 Persiapan Pengambilan Data .....	3
1.5.3 Pengambilan Data Parameter Performansi Sebelum Optimasi.....	3
1.5.4 Penentuan eNodeB Suspect Optimasi .....	4
1.5.5 Penerapan Metode Optimasi .....	4
1.5.6 Pengambilan Data Parameter Performansi Setelah Optimasi.....	4
1.5.7 Analisis Data Performansi Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	5
1.6 Sistematika Pembahasan.....	5
1.7 Relevansi .....	6
<b>2 BAB 2 .....</b>	<b>7</b>
2.1 Jaringan <i>Long Term Evolution</i> (LTE).....	7
2.1.1 Arsitektur Jaringan LTE.....	7
2.1.2 LTE Standard and Feature.....	11
2.1.3 Alokasi Frekuensi 4G LTE .....	13
2.1.4 LTE Resources .....	16
2.1.4.1 Air-interface .....	16
2.1.4.2 Transmisi.....	22
2.1.4.3 Hardware .....	26
2.2 Key Performance Indicator .....	33



2.2.1	Alarm .....	33
2.2.2	Air-interface.....	34
2.2.3	Transmisi .....	37
2.2.4	Hardware .....	37
2.3	Metode Optimasi Kualitas Resource Jaringan LTE .....	38
2.3.1	Metode Optimasi Availability .....	39
2.3.2	Metode Optimasi Accessibility.....	39
2.3.3	Metode Optimasi Retainability .....	39
2.3.4	Metode Optimasi GTP-U Measurment .....	40
<b>3 BAB 3</b>	<b>.....</b>	<b>41</b>
3.1	Metodologi Penelitian .....	41
3.2	Persiapan Pengambilan Data .....	42
3.2.1	Persiapan Software .....	43
3.2.1.1	U2000 .....	43
3.2.1.2	G-Net Track.....	43
3.2.1.3	Ookla Speedtest .....	44
3.2.2	Persiapan Hardware .....	45
3.3	Pengambilan Data Parameter Performansi Sebelum Optimasi.....	45
3.4	Penentuan eNodeB Suspect Optimasi .....	45
3.5	Penerapan Metode Optimasi .....	46
3.6	Pengambilan Data Parameter Performansi Setelah Optimasi	50
<b>4 BAB 4</b>	<b>.....</b>	<b>51</b>
4.1	Hasil Penentuan eNodeB Suspect Optimasi .....	51
4.2	Parameter Performansi Speedtest eNodeB Suspect Optimasi Sebelum dan Setelah Optimasi .....	82
4.2.1	eNodeB KeteganTaman.....	82
4.3	Parameter Performansi KPI eNodeB Suspect Optimasi Sebelum dan Setelah Optimasi .....	88
4.3.1	Availability .....	89
4.3.2	Accessibility .....	93
4.3.3	Retainability.....	101
4.3.4	GTP-U Measurment.....	106
<b>5 BAB 5</b>	<b>.....</b>	<b>109</b>
5.1	Kesimpulan .....	109
5.2	Saran.....	109
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>111</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>.....</b>	<b>113</b>
	Langkah Pengambilan Parameter Performansi KPI.....	113

Rumus Counter KPI U2000 .....	117
Spesifikasi Board.....	119
Spesifikasi Antenna.....	135
Screenshoot G-Net Track .....	165
Screenshoot Ookla Speedtest .....	171
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>187</b>

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Arsitektur Jaringan LTE .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Ilustrasi Fungsi MME.....	9
<b>Gambar 2.3</b> Ilustrasi Fungsi P-GW .....	10
<b>Gambar 2.4</b> Ilustrasi Fungsi PDN-GW .....	11
<b>Gambar 2.5</b> Sejarah Standarisasi LTE Release 9 .....	12
<b>Gambar 2.6</b> Frekuensi Band LTE FDD.....	13
<b>Gambar 2.7</b> Tilting Mechanical .....	19
<b>Gambar 2.8</b> Tilting Electrical .....	19
<b>Gambar 2.9</b> Ilustrasi Downtilt .....	20
<b>Gambar 2.10</b> Ilustrasi Uptilt .....	21
<b>Gambar 2.11</b> Ilustrasi Penghitungan Tilting Antenna .....	21
<b>Gambar 2.12</b> Gambar Ilustrasi Jaringan Fiber dan Microwave .....	22
<b>Gambar 2.13</b> Ilustrasi Sistem Mikrowave .....	24
<b>Gambar 2.14</b> Fiber Optik Single-Mode.....	25
<b>Gambar 2.15</b> Fiber Optik Multi-Mode .....	26
<b>Gambar 2.16</b> Cross Feeder Parsial .....	26
<b>Gambar 2.17</b> Cross Feedere Total.....	27
<b>Gambar 2.18</b> Jumlah dan Jenis Board FAN BTS3900 .....	28
<b>Gambar 2.19</b> Jumlah dan Jenis Board MRFU BTS3900.....	28
<b>Gambar 2.20</b> Jumlah dan Jenis Board MRRU BTS3900 .....	29
<b>Gambar 2.21</b> Jumlah dan Jenis Board UBBP BTS3900 .....	30
<b>Gambar 2.22</b> Jumlah dan Jenis Board UMPT BTS3900 .....	30
<b>Gambar 2.23</b> Jumlah dan Jenis Board UPEU BTS3900 .....	31
<b>Gambar 2.23</b> Ilustrasi Penerapan RTN Pada Jaringan Telekomunikasi.....	32
<b>Gambar 2.25</b> Perangkat MLTN Pada Site .....	32
<b>Gambar 2.26</b> Flowchart Pada Counter RRC <i>Setup Success Rate</i> .....	35
<b>Gambar 2.27</b> Flowchart Pada Counter E-RAB <i>Setup Success Rate</i> .....	35
<b>Gambar 2.28</b> Flowchart Pada Counter <i>Service Drop Rate</i> .....	36
<b>Gambar 2.29</b> Letak GTP-U Pada Paket Data .....	37
<b>Gambar 3.1</b> Alur Pengerjaan Tugas Akhir .....	42
<b>Gambar 3.2</b> Penentuan Akar Permasalahan Berdasarkan Resource .....	46
<b>Gambar 3.3</b> Tampilan Mini-Link Craft .....	47
<b>Gambar 3.4</b> Rute Site 1549 Sebelum Reroute Pada MLTN .....	48
<b>Gambar 3.5</b> Rute Site 1549 Setelah Reroute Pada MLTN .....	48
<b>Gambar 3.6</b> Rute Site 1801 Sebelum Reroute Pada MLTN .....	49
<b>Gambar 3.7</b> Rute Site 1801 Setelah Reroute Pada MLTN .....	49

<b>Gambar 3.8</b> Rute Site 1801 Sebelum Reroute Pada Google Maps .....	49
<b>Gambar 3.9</b> Rute Site 1801 Setelah Reroute Pada Google Maps .....	50
<b>Gambar 4.1</b> Grafik <i>User Downlink Average Throughput</i> .....	51
<b>Gambar 4.2</b> Speedtest DL 254C919_GubengGubeng eNB ID 540176_4.....	52
<b>Gambar 4.3</b> Speedtest UL 254C919_GubengGubeng eNB ID 540176_4.....	53
<b>Gambar 4.4</b> Speedtest DL 254C919_GubengGubeng eNB ID 540176_5.....	54
<b>Gambar 4.5</b> Speedtest UL 254C919_GubengGubeng eNB ID 540176_5.....	54
<b>Gambar 4.6</b> Speedtest DL 2544342_PANJANG eNB ID 540076_4... 55	55
<b>Gambar 4.7</b> Speedtest UL 2544342_PANJANG eNB ID 540076_4... 56	56
<b>Gambar 4.8</b> Speedtest DL 2544342_PANJANG eNB ID 540076_5... 57	57
<b>Gambar 4.9</b> Speedtest UL 2544342_PANJANG eNB ID 540076_5... 57	57
<b>Gambar 4.10</b> Speedtest DL 2544342_PANJANG eNB ID 540076_6. 58	58
<b>Gambar 4.11</b> Speedtest UL 2544342_PANJANG eNB ID 540076_6. 59	59
<b>Gambar 4.12</b> Speedtest DL 2542831_KampusIts eNB ID 540163_4 . 60	60
<b>Gambar 4.13</b> Speedtest UL 2542831_KampusIts eNB ID 540163_4 . 60	60
<b>Gambar 4.14</b> Speedtest DL 2542831_KampusIts eNB ID 540163_5 . 61	61
<b>Gambar 4.15</b> Speedtest UL 2542831_KampusIts eNB ID 540163_5 . 62	62
<b>Gambar 4.16</b> Speedtest DL 2542831_KampusIts eNB ID 540163_6 . 63	63
<b>Gambar 4.17</b> Speedtest UL 2542831_KampusIts eNB ID 540163_6 . 63	63
<b>Gambar 4.18</b> Speedtest DL 1814_GADEL eNB ID 540053_4 .....	64
<b>Gambar 4.19</b> Speedtest UL 1814_GADEL eNB ID 540053_4 .....	65
<b>Gambar 4.20</b> Speedtest DL 1814_GADEL eNB ID 540053_5 .....	66
<b>Gambar 4.21</b> Speedtest UL 1814_GADEL eNB ID 540053_5 .....	66
<b>Gambar 4.22</b> Speedtest DL 1814_GADEL eNB ID 540053_6 .....	67
<b>Gambar 4.23</b> Speedtest UL 1814_GADEL eNB ID 540053_6 .....	68
<b>Gambar 4.24</b> Speedtest DL 254DD17_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108_4.....	69
<b>Gambar 4.25</b> Speedtest UL 254DD17_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108_4.....	69
<b>Gambar 4.26</b> Speedtest DL 254DD17_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108_5.....	70
<b>Gambar 4.27</b> Speedtest UL 254DD17_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108_5.....	71
<b>Gambar 4.28</b> Speedtest DL 254DD17_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108_6.....	72

<b>Gambar 4.29</b> Speedtest UL 254DD17_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108_6 .....	72
<b>Gambar 4.30</b> Speedtest DL 1845_TISTA GEDE eNB ID 540222_4 ..	73
<b>Gambar 4.31</b> Speedtest UL 1845_TISTA GEDE eNB ID 540222_4 ..	74
<b>Gambar 4.32</b> Speedtest DL 1845_TISTA GEDE eNB ID 540222_5 ..	75
<b>Gambar 4.33</b> Speedtest UL 1845_TISTA GEDE eNB ID 540222_5 ..	75
<b>Gambar 4.34</b> Speedtest DL 1845_TISTA GEDE eNB ID 540222_6 ..	76
<b>Gambar 4.35</b> Speedtest UL 1845_TISTA GEDE eNB ID 540222_6 ..	77
<b>Gambar 4.36</b> Speedtest DL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100_4 .....	78
<b>Gambar 4.37</b> Speedtest UL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100_4 .....	78
<b>Gambar 4.38</b> Speedtest DL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100_5 .....	79
<b>Gambar 4.39</b> Speedtest UL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100_5 .....	80
<b>Gambar 4.40</b> Speedtest DL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100_6 .....	81
<b>Gambar 4.41</b> Speedtest UL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100_6 .....	81
<b>Gambar 4.42</b> Performansi Maksimum Speedtest eNodeB KeteganTaman Cell ID 4 .....	84
<b>Gambar 4.43</b> Performansi Speedtest eNodeB KeteganTaman Cell ID 5 .....	86
<b>Gambar 4.44</b> Performansi Speedtest eNodeB KeteganTaman Cell ID 6 .....	88
<b>Gambar 4.45</b> Performansi Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 4 .....	89
<b>Gambar 4.46</b> Performansi Rata-Rata Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 4 .....	90
<b>Gambar 4.47</b> Performansi Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 5 .....	91
<b>Gambar 4.48</b> Performansi Rata - Rata Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 5 .....	91
<b>Gambar 4.49</b> Performansi Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 6 .....	92
<b>Gambar 4.50</b> Performansi Rata - Rata Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 6 .....	93

<b>Gambar 4.51</b> Performansi RRC Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 4.....	94
<b>Gambar 4.52</b> Performansi RRC Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 4 .....	94
<b>Gambar 4.53</b> Performansi RRC Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 4.....	95
<b>Gambar 4.54</b> Performansi RRC Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 5 .....	96
<b>Gambar 4.55</b> Performansi RRC Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 6.....	96
<b>Gambar 4.56</b> Performansi RRC Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 6 .....	97
<b>Gambar 4.57</b> Performansi E-RAB Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 4.....	98
<b>Gambar 4.58</b> Performansi E-RAB Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 4 .....	98
<b>Gambar 4.59</b> Performansi E-RAB Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 5.....	99
<b>Gambar 4.60</b> Performansi E-RAB Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 5 .....	100
<b>Gambar 4.61</b> Performansi E-RAB Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 6 .....	100
<b>Gambar 4.62</b> Performansi E-RAB Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 6 .....	101
<b>Gambar 4.63</b> Performansi Service Drop Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 4.....	102
<b>Gambar 4.64</b> Performansi Service Drop eNodeB KeteganTaman Cell ID 4 .....	102
<b>Gambar 4.65</b> Performansi Service Drop Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 5.....	103
<b>Gambar 4.66</b> Performansi Service Drop eNodeB KeteganTaman Cell ID 5 .....	104
<b>Gambar 4.67</b> Performansi Service Drop Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 6.....	105
<b>Gambar 4.68</b> Performansi Service Drop eNodeB KeteganTaman Cell ID 6 .....	105
<b>Gambar 4.69</b> Performansi GTP-U Drop eNodeB KeteganTaman Cell ID 6 .....	106
<b>Gambar 4.70</b> Performansi GTP-U Drop eNodeB KeteganTaman.....	107





*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Jenis Category UE LTE .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Tabel EARFCN .....	14
<b>Tabel 2.3</b> Tabel EARFCN (lanjutan) .....	15
<b>Tabel 2.4</b> Tabel EARFCN (lanjutan) .....	16
<b>Tabel 2.5</b> Tabel Nilai Minimum RSRP dan SINR .....	17
<b>Tabel 3.1</b> Rute Sebelum .....	47
<b>Tabel 3.2</b> Rute Setelah .....	48
<b>Tabel 4.1</b> Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 4 Sebelum Optimasi .....	82
<b>Tabel 4.2</b> Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 4 Setelah Optimasi .....	83
<b>Tabel 4.3</b> Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 5 Sebelum Optimasi .....	84
<b>Tabel 4.4</b> Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 5 Setelah Optimasi .....	85
<b>Tabel 4.5</b> Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 6 Sebelum Optimasi .....	86
<b>Tabel 4.6</b> Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 6 Setelah Optimasi .....	87

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan internet dan kontennya seperti video yang semakin membutuhkan transfer data berkecepatan tinggi, kebutuhan mobile internet pada masyarakat di kota-kota besar saat ini sudah tinggi dan akan semakin meningkat. Teknologi 3G yang saat ini sudah ada juga sudah terlalu padat dalam sisi pemakaiannya, oleh karena itu diperlukan teknologi baru yang dapat memfasilitasi perkembangan trend mobile internet tersebut. Operator XL sebagai salah satu operator di Indonesia saat ini baru saja mengembangkan jaringan LTE nya di beberapa kota besar, salah satunya di Surabaya.

Ekspetasi yang tinggi pengguna mobile internet terhadap teknologi baru 4G LTE dalam hal kecepatan transfer data, maka diperlukan pembahasan mengenai optimasi throughput pada jaringan LTE agar ekspetasi tersebut dapat terpenuhi. Saat ini aktivitas perluasan jaringan LTE sedang tinggi, maka berpotensi besar untuk sisi kualitas jaringan LTE dalam hal ini adalah throughput, menurun dari kemampuan yang seharusnya. Penurunan kualitas tersebut dapat terjadi akibat dari pemanfaatan resources yang belum maksimal. Resources dari teknologi LTE yang dapat mempengaruhi kualitas dari throughput adalah air-interface, hardware, dan transmisi

Metode optimasi yang diterapkan untuk memperbaiki kualitas dari air-interface, hardware, dan transmisi memiliki pengaruh yang berbeda terhadap parameter performansi. Parameter performansi *Key Performance Indicator* mengindikasikan kemampuan layanan dari suatu eNodeB yang dimana kemampuan layanan ini bisa turun dan akan langsung memiliki pengaruh terhadap *user experience*. Parameter performansi yang langsung dirasakan oleh pengguna layanan adalah speedtest throughput. Untuk menjaga kemampuan throughput dari jaringan agar tidak terjadi komplain pelanggan perlu dilakukan optimasi pada kualitas resource untuk menjaga parameter throughput agar tetap pada batas minimum yang telah ditentukan operator.

## 1.2 Perumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang mendasari Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh optimasi resource terhadap nilai parameter speedtest throughput pada jaringan LTE PT. XL Axiata di Surabaya?
2. Bagaimana pengaruh optimasi resource terhadap parameter performansi kualitas resource jaringan LTE PT. XL Axiata di Surabaya?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari permasalahan maka penulis membatasi masalah sebagai berikut :

1. Perangkat LTE yang dianalisa adalah Huawei BTS3900 dengan software version R009 SPC250.
2. Software yang digunakan adalah U2000, Ookla Speedtest, G-Net Track, dan Microsoft Excel.
3. Parameter performansi jaringan yang digunakan adalah Speedtest Throughput, *User Downlink Throughput*, *Availability*, *Accessibility*, *Retainability*, dan *GTP-U Drop*.
4. Metode optimasi yang digunakan pada resource adalah metode optimasi kualitas.
5. Jenis LTE yang digunakan adalah LTE-FDD dengan frekuensi 1800 MHz dan lebar bandwidth 10 MHz.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk :

2. Mendapatkan analisa pengaruh optimasi resource terhadap nilai parameter speedtest throughput pada jaringan LTE PT. XL Axiata di Surabaya.
2. Mendapatkan analisa pengaruh optimasi resource terhadap parameter performansi kualitas resource jaringan LTE PT. XL Axiata di Surabaya.

## **1.5 Metodologi**

Metode Penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini terbagi menjadi enam tahap sebagai berikut:

### **1.5.1 Studi Literatur**

Pada tahapan studi literatur dilakukan pencarian materi yang berkaitan dengan pokok bahasan pada Tugas Akhir ini. Referensi dapat bersumber dari jurnal maupun buku – buku yang ada. Dimana hal – hal yang dipelajari lebih dalam yaitu mengenai :

- Konsep dari Arsitektur jaringan LTE
- Konsep *LTE Key Performance Indicator*
- Aplikasi penggunaan Software, dan U2000
- Metode Optimasi jaringan LTE XL Axiata
- Parameter KPI sebelum dan sesudah optimasi

### **1.5.2 Persiapan Pengambilan Data**

Persiapan pengambilan data terdiri dari persiapan hardware dan software yang diperlukan untuk penelitian. Persiapan software meliputi instalasi software U2000 pada perangkat laptop, instalasi G-Net Track dan Ookla Speedtest pada perangkat Handphone. Sementara persiapan hardware terdiri dari persiapan perangkat Handphone yang nantinya akan digunakan untuk menguji parameter performansi speedtest throughput dari eNodeB.

### **1.5.3 Pengambilan Data Parameter Performansi Sebelum Optimasi**

Langkah awal yang akan dilakukan adalah menentukan parameter awal performa dari jaringan 4G yang akan dianalisa dan dioptimasi. Penentuan parameter performa dilakukan dengan cara mengambil data dari *counter* yang mempengaruhi throughput dari semua site LTE XL Axiata yang ada di daerah Surabaya yang saat ini masih berjumlah 220 site. Software yang digunakan untuk mengambil

data *counter* tersebut adalah U2000, yaitu software OSS milik Huawei yang digunakan untuk melakukan monitoring site jarak jauh. Data performa awal tersebut akan dijadikan indikator untuk mengetahui site mana yang tidak maksimal performansinya di jaringan.

#### **1.5.4 Penentuan eNodeB Suspect Optimasi**

Setelah semua data performansi yang mempengaruhi throughput diambil, kemudian diolah datanya, dipelajari dan dicari tahu standard threshold nya. Langkah berikutnya adalah mengidentifikasi site yang bermasalah. Site yang bermasalah bisa diketahui berdasarkan hasil olahan data parameter performansi awal tersebut, jika data performansi dari suatu site dibawah standard threshold, maka ada indikasi site tersebut bermasalah. Permasalahan dari site akan secara langsung berpengaruh pada kualitas throughput yang dapat menyebabkan *low throughput* pada UE. Pada tahapan ini, dilakukan analisa lanjutan setelah mengidentifikasi site yang bermasalah di *throughput*. Parameter lain seperti *Availability*, *Accessibility*, *Interference*, *Retainability*, dan *GTP-U Drop* dilihat apakah linear dengan kondisi *throughput* yang kecil.

#### **1.5.5 Penerapan Metode Optimasi**

Penerapan metode optimasi nantinya akan disesuaikan dengan permasalahan yang terjadi pada penentuan eNodeB suspect optimasi. Metode optimasi pada kualitas resource LTE dibedakan berdasarkan jenis resourcenya yaitu metode optimasi air-interface, hardware, dan transmisi.

#### **1.5.6 Pengambilan Data Parameter Performansi Setelah Optimasi**

Setelah langkah optimasi telah selesai dilakukan terhadap site yang mengalami penurunan performansi jaringan dan throughput, maka akan dilakukan pengambilan data parameter performansi ulang. Pengambilan data ulang site yang telah dioptimasi bertujuan untuk mengetahui apakah metode yang telah diterapkan untuk mengoptimasi site berhasil. Jika pada pengambilan data parameter performansi masih ditemukan adanya nilai *counter* yang masih dibawah standard

threshold, maka akan dilakukan analisa akar permasalahan lagi untuk mencari penyebab masalah yang lain. Jika pada site sudah tidak ditemukan nilai *counter* yang dibawah standard threshold dan kualitas throughput sudah optimal, maka bisa diambil kesimpulan dari metode yang digunakan dapat berhasil diimplementasikan dengan baik pada jaringan 4G LTE milik PT. XL Axiata area Surabaya.

#### **1.5.7 Analisis Data Performansi Sebelum dan Sesudah Optimasi**

Analisa data performansi sebelum dan sesudah optimasi dilakukan untuk membandingkan performansi KPI dari eNodeB sebelum dan sesudah optimasi dengan performansi KPI dari eNodeB yang memiliki nilai throughput baik. Hasil analisa dari eNodeB *low throughput* sebelum dan setelah optimasi dengan eNodeB throughput baik diharapkan bisa dijadikan acuan performansi real dari throughput pada eNodeB yang ada di jaringan PT. XL Axiata area Surabaya.

### **1.6 Sistematika Pembahasan**

Pembahasan dalam tugas akhir ini akan dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan diuraikan mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.

#### **BAB II TEORI PENUNJANG**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tinjauan pustaka yang akan membahas tentang arsitektur, komponen, dan parameter – parameter yang ada pada resource yang mempengaruhi kualitas throughput dari suatu jaringan.



### **BAB III PENGAMBILAN DATA PARAMETER PERFORMANSI DAN OPTIMASI KUALITAS RESOURCE**

Pada bab ini akan dijelaskan secara rinci tentang langkah pengambilan data parameter – parameter yang diperlukan baik parameter sebelum optimasi maupun parameter setelah.

### **BAB IV HASIL DAN ANALISIS DATA**

Pada bab ini akan ditampilkan analisa dari data yang telah diperoleh yang kemudian akan dijadikan sebagai acuan pengambilan kesimpulan dan saran.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan, dan saran berdasarkan yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

## **1.7 Relevansi**

Hasil yang didapat dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

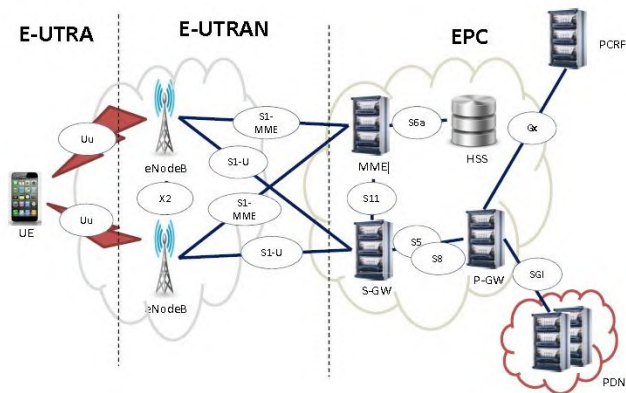
1. Mengetahui pengaruh optimasi resource terhadap nilai parameter speedtest throughput pada jaringan LTE PT. XL Axiata di Surabaya..
2. Mengetahui pengaruh optimasi resource terhadap parameter performansi kualitas resource jaringan LTE PT. XL Axiata di Surabaya.



## BAB 2 TEORI PENUNJANG

### 2.1 Jaringan *Long Term Evolution* (LTE)

#### 2.1.1 Arsitektur Jaringan LTE



**Gambar 2.1** Arsitektur Jaringan LTE

#### *User Equipment (UE)*

*User equipment* adalah perangkat dalam LTE yang terletak paling ujung dan berdekatan dengan user. Peruntukan UE pada LTE tidak berbeda dengan UE pada UMTS atau teknologi sebelumnya.

**Tabel 2.1** Jenis Kategori UE LTE

HEADLINE DATA RATES FOR LTE CATEGORIES							
LINK	LTE UE CATEGORY						
	1	2	3	4	5	6	7
Downlink	10	50	100	150	300	300	1200
Uplink	5	25	50	50	75	50	600

#### *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)*

*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network* atau E-UTRAN adalah sistem arsitektur LTE yang memiliki fungsi

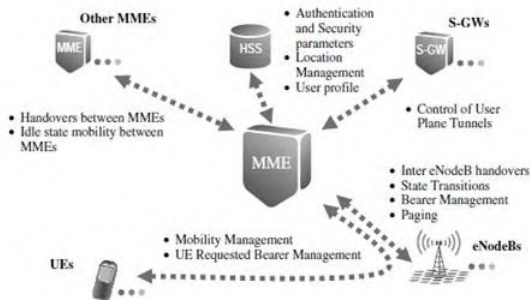
menangani sisi radio akses dari UE ke jaringan *core*. Berbeda dari teknologi sebelumnya yang memisahkan Node B dan RNC menjadi elemen tersendiri, pada sistem LTE E-UTRAN hanya terdapat satu komponen yakni Evolved NodeB (eNodeB) yang telah menggabungkan fungsi keduanya. eNodeB secara fisik adalah suatu *Base Station* yang terletak dipermukaan bumi atau ditempatkan diatas gedung-gedung.

### ***Evolved Packet Core (EPC)***

EPC adalah sebuah sistem yang baru dalam evolusi arsitektur komunikasi seluler, sebuah sistem dimana pada bagian *core network* menggunakan *all-IP*. EPC menyediakan fungsionalitas *core mobile* yang pada generasi sebelumnya (2G, 3G) memiliki dua bagian yang terpisah yaitu *Circuit switch* (CS) untuk *voice* dan *Packet Switch* (PS) untuk data. EPC sangat penting untuk layanan pengiriman IP secara *end to end* pada LTE. Selain itu, berperan dalam memungkinkan pengenalan model bisnis baru, seperti konten dan penyedia aplikasi. EPC terdiri dari MME (*Mobility Management Entity*), SGW (*Serving Gateway*), HSS (*Home Subscription Service*), PCRF (*Policy and Charging Rules Function*), dan PDN-GW (*Packet Data Network Gateway*).

### ***Mobility Management Entity (MME)***

MME merupakan elemen control utama yang terdapat pada EPC. Biasanya pelayanan MME pada lokasi keamanan operator. Pengoperasiannya hanya pada control plane dan tidak meliputi data user plane. Fungsi utama MME pada arsitektur jaringan LTE adalah sebagai *authentication* dan *security*, *mobility management*, *managing subscription profile* dan *service connectivity*.



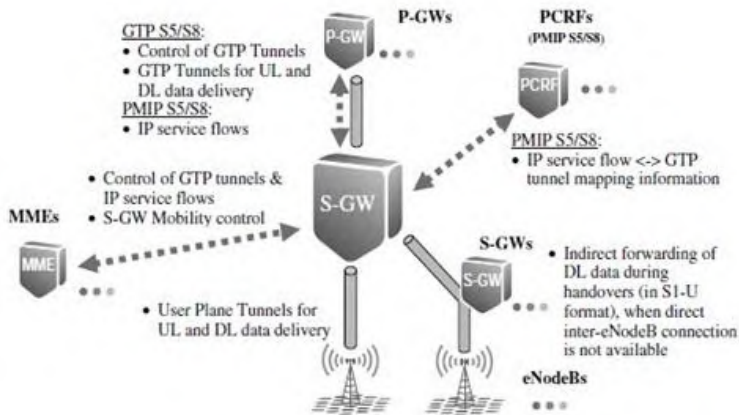
**Gambar 2.2** Ilustrasi Fungsi MME

### ***Home Subscription Service(HSS)***

HSS merupakan tempat penyimpanan data pelanggan untuk semua data permanen user. HSS juga menyimpan lokasi *user* pada level yang dikunjungi *node* pengontrol jaringan. Seperti MME, HSS adalah *server database* yang dipelihara secara terpusat pada premises home operator.

### ***Serving Gateway(S-GW)***

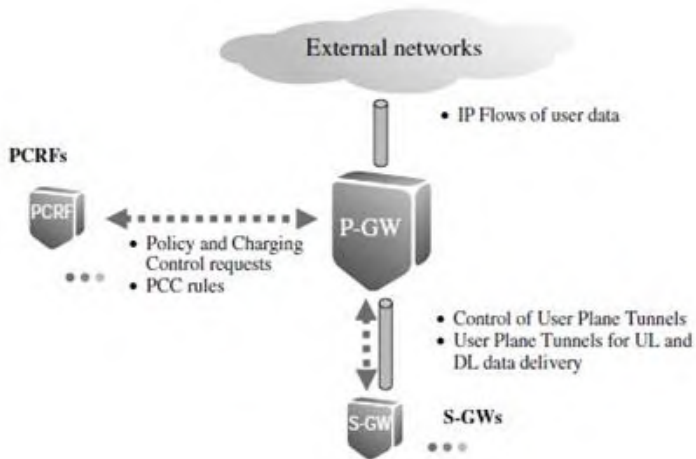
Pada arsitektur jaringan LTE, level fungsi tertinggi S-GW adalah jembatan antara manajemen dan switching user plane. S-GW merupakan bagian dari infrastruktur jaringan sebagai pusat operasioanal dan maintenance. Peranan S-GW sangat sedikit pada fungsi pengontrolan. Hanya bertanggungjawab pada sumbernya sendiri dan mengalokasikannya berdasarkan permintaan MME, P-GW, atau PCRF, yang memerlukan set-up, modifikasi atau penjelasan pada UE



**Gambar 2.3** Ilustrasi Fungsi P-GW

### ***Packet Data Network Gateway (PDN-GW)***

Sama halnya dengan SGW, PDN-GW adalah komponen penting pada LTE untuk melakukan terminasi dengan Packet Data Network (PDN). Adapun PDN GW mendukung policy enforcement feature, packet filtering, charging support pada LTE, trafik data dibawa oleh koneksi virtual yang disebut dengan service data flows (SDFs).



**Gambar 2.4** Ilustrasi Fungsi PDN-GW

### ***Policy and Charging Rules Function(PCRF)***

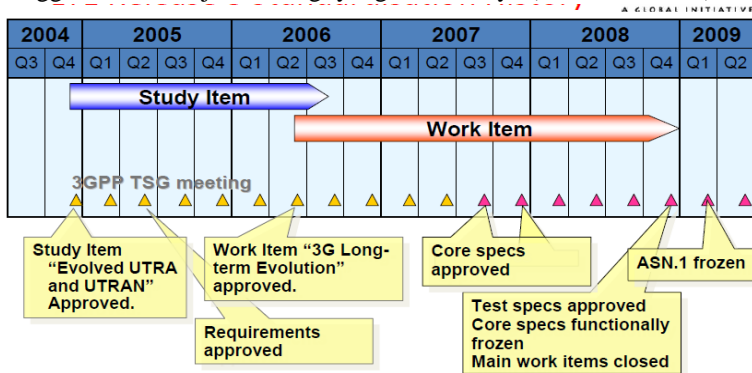
PCRF merupakan bagian dari arsitektur jaringan yang mengumpulkan informasi dari dan ke jaringan, sistem pendukung operasional, dan sumber lainnya seperti portal secara real time, yang mendukung pembentukan aturan dan kemudian secara otomatis membuat keputusan kebijakan untuk setiap pelanggan aktif di jaringan. Jaringan seperti ini mungkin menawarkan beberapa layanan, kualitas layanan (Quality of services), dan aturan pengisian. PCRF dapat menyediakan jaringan solusi wireline dan wireless dan juga dapat mngaktifkan pendekatan multidimensi yang membantu dalam menciptakan hal yang menguntungkan dan platform inovatif untuk operator. PCRF juga dapat diintegrasikan dengan platform yang berbeda seperti penagihan, rating, pengisian, dan basis pelanggan atau juga dapat digunakan sebagai entitas mandiri.

#### **2.1.2 LTE Standard and Feature**

Jaringan PT. XL Axiata menggunakan standard 3GPP release 9 untuk teknologi LTE nya. Standard 3GPP release 9 dari 3GPP mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan release yang

sebelumnya antara lain adalah adanya feature Self Organising Networks (SON), dan evolved multimedia broadcast and multicast service (eMBMS)

Release yang ke-9 dikeluarkan karena beberapa alasan yang mendukungnya, yaitu sebagai kebutuhan yang memastikan kelanjutan dari daya saing sistem 3G untuk masa depan dan juga permintaan user untuk kecepatan data yang lebih tinggi dan kualitas pelayanan yang lebih baik. Selain itu LTE release 9 merupakan sebuah sistem optimasi PS dan permintaan lanjutan untuk mereduksi biaya (*cost*) yang digunakan. LTE release 9 mempunyai kompleksitas yang rendah serta mencegah fragmentasi yang tidak dibutuhkan dari teknologi untuk band operasi yang berpasangan maupun tidak berpasangan. Alasan-alasan ini yang membuat LTE *release 9* segera diluncurkan untuk menggantikan kinerja teknologi yang sebelumnya (Rel 8 HSDPA+).



**Gambar 2.5** Sejarah Standarisasi LTE Release 9

Pada gambar diatas ditunjukkan sejarah dari standarisasi LTE release 9. Pada tahun 2004 telah dimulai penelitian Evolved UTRA (E-UTRA) dan UTRAN. Kemudian permintaan peresmian keduanya dilakukan pada tahun 2005. Lalu dilanjutkan dengan proyek 3G-LTE yang dikerjakan pada tahun 2006. Selanjutnya pada tahun 2007 terdapat peresmian spesifikasi core dari 3G LTE. Dapat dilihat bahwa untuk LTE Release 9 mulai dilakukan penelitian sejak tahun 2004



sampai tahun 2006. Kemudian dilanjutkan dengan masa pengerjaannya di tahun 2006 sampai tahun 2009.

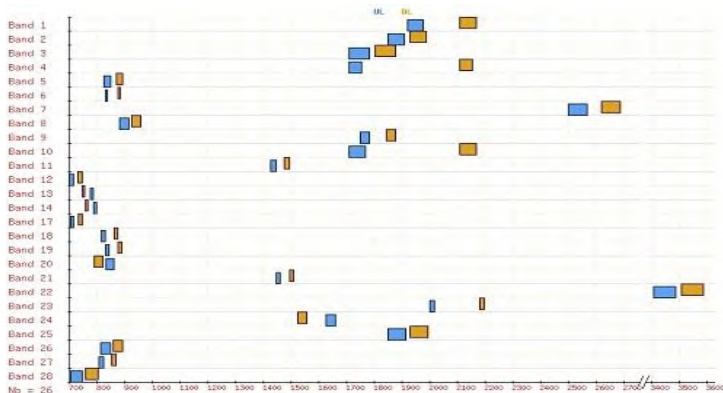
Standard release 9 mempunyai fitur yang mirip dengan standard 8, perbedaannya adalah pada release 9 sudah mendukung WiMax and LTE *interoperability*, dual-cell HSDPA with MIMO, dan dual-cell HSUPA

### **2.1.3 Alokasi Frekuensi 4G LTE**

LTE dikembangkan dalam beberapa pita frekuensi mulai dari 800 MHz sampai 3,5 GHz. Lebar bandwidth yang digunakan fleksibel mulai dari 1,4 MHz sampai 20 MHz. Perkembangan LTE digunakan untuk mendukung TDD dan FDD, sehingga bisa dibangun dalam domain frekuensi dan waktu. Karena fleksibilitas frekuensi inilah maka beberapa operator seluler melakukan refarming frekuensi mereka untuk digunakan ke sistem LTE.

Seperti halnya UMTS TDD dan FDD, pada teknologi LTE pun dibagi menjadi dua yaitu LTE FDD (Frequency-Division LTE) dan LTE TDD (Time-Division LTE). Perbedaan kedua LTE tersebut terletak hanya pada bagaimana kedua teknologi tersebut memanfaatkan spektrum frekuensinya. Jika pada LTE FDD spektrum terdiri dari dua bagian yaitu uplink dan downlink, sedangkan pada LTE TDD uplink dan downlink bekerja pada frekuensi yang sama.

Pada penerapannya PT. XL Axiata menggunakan pita frekuensi 1800, lebar bandwidth 10 MHz, dan FDD.



**Gambar 2.6** Frekuensi Band LTE FDD

Pada teknologi LTE, istilah Evolved Absolute Radio Frequency Channel Number (EARFCN) digunakan untuk mengindikasikan center frequency pada carrier LTE. PT. XL Axiata menggunakan EARFCN band 3 yang memiliki frekuensi DL 1805-1880, dan ferkuensi UL 1710-1785. Berikut merupakan tabel alokasi frekuensi LTE 4G yang telah distandarkan dan sudah digunakan di berbagai negara

**Tabel 2.2** Tabel EARFCN

Band	Name (MHz)	DL EARFCN (MHz)	DL FREQUENCY (MHz)	UL EARFCN (MHz)	UL FREQUENCY (MHz)
1	2100	0 – 599	2110 – 2170	18000 – 18599	1920 – 1980
2	1900 PCS	600 – 1199	1930 – 1990	18600 – 19199	1850 – 1910
3	1800 +	1200 – 1949	1805 – 1880	19200 – 19949	1710 – 1785
4	AWS-1	1950 – 2399	2110 – 2155	19950 – 20339	1710 – 1755
5	850	2400 – 2649	869 – 894	20400 – 20649	824 – 849
6	UMTS only	2650 – 2749	875 – 885	20650 – 20749	2500 – 2570

7	2600	2750 – 3449	2620 – 2690	20750 - 21449	2500 – 2570
8	900 GSM	3450 – 3799	925 – 960	21450 – 21799	880 – 915
9	1800	3800 – 4149	1844.9 – 1879.9	21800 – 22149	1749.9 – 1784.9
10	AWS-1+	4150 – 4749	2110 – 2170	22150 – 22749	1710 – 1770
11	1500 Lower	4750 – 4949	1475.9 – 1495.9	22750 – 22949	1427.9 – 1447.9
12	700 a	5010 – 5179	729 – 746	23010 – 23179	699 – 716
13	700 c	5180 – 5279	746 – 756	23180 – 23279	777 – 787
14	700 PS	5280 – 5379	758 – 768	23280 – 23379	788 – 798
<b>Tabel 2.3</b> Tabel EARFCN (lanjutan)			746	23730 - 23849	704 – 716
18	800 Lower	5850 – 5999	860 – 875	23850 – 23999	815 – 830
19	800 Upper	6000 – 6149	875 – 890	24000 – 24149	830 – 845
20	800 DD	6150 – 6449	791 – 821	24150 – 24449	832 – 862
21	1500 Upper	6450 – 6599	1495.9 – 1510.9	24450 – 24599	1447.9 – 1462.9
22	3500	6600 – 6149	3510 - 3590	24600 - 25399	3410 – 3490
23	2000 S-Band	7500 – 7699	2180 – 2200	25500 – 25699	2000 – 2020
24	1600 L-Band	7700 – 8039	1525 – 1559	25700 – 26039	1626.5 – 1660.5
25	1900 +	8040 – 8689	1930 – 1995	26040 – 26689	1850 – 1915
26	850 +	8690 – 9039	859 – 894	26690 – 27039	814 – 849
27	800 SMR	9040 – 9209	852 – 869	27040 – 27209	807 – 824
28	700 APT	9210 – 9659	758 – 803	27210 – 27659	703 – 748
29	700d	717 – 728	717 – 728	-	DL only

30	2300 WCS	2350 – 2360	2350 – 2360	27660 - 27759	2305 – 2315
31	450	9870 – 9919	462.5 – 467.5	27760 - 27809	452.5 – 357.5
32	1500 L-Band		1452 – 1496	-	TDD
33	TD 1900	36000 – 36199	1900 – 1920	-	TDD
34	TD 2000	36200 – 36349	2010 – 2025	-	TDD
35	TD PCS Lower	36350 - 36949	1850 – 1910	-	TDD
36	TD PCS Upper	36950 – 37549	1930 – 1990	-	TDD
37	TD PCS Center gap	37550 – 37749	1910 – 1930	-	TDD
38	TD 2600	37750 - 38249	2570 – 2620	-	TDD
<b>Tabel 2.4</b> Tabel EARFCN (lanjutan)				- 1920	TDD
40	TD 2300	38650 – 39469	2300 – 2400	-	TDD
41	TD 2500	39650 – 41589	2496 – 2690	-	TDD
42	TD 3500	41590 – 43589	3400 – 3600	-	TDD
43	TD 3700	43590 – 45589	3600 – 3800	-	TDD
44	TD 700	45590 - 46589	703 – 803	-	TDD

#### 2.1.4 LTE Resources

Resource yang mempengaruhi throughput secara langsung pada jaringan LTE dibagi menjadi 3 yaitu air-interface, hardware, dan transmisi.

##### 2.1.4.1 Air-interface

Pada air interface yang mempengaruhi throughput secara langsung pada jaringan LTE adalah coverage yang diwakili oleh nilai dari RSRP, RSRQ, RSSI dan quality yang diwakili oleh nilai SINR.

Parameter yang pertama adalah pengukuran RSRP, dimana pengukuran RSRP adalah mengukur kuat sinyal pada cell LTE yang membantu untuk me-ranking cell-cell yang berbeda sebagai input, yang dipergunakan untuk algoritma *handover* dan *cell reselection*. *RSRP (Reference Signal Received Power)* didefinisikan sebagai rata-rata pada kontribusi power resource element yang membawa referensi signal yang dianggap sebagai pengukuran bandwidth frekuensi. Namun hanya yang terukur pada OFDM symbol yang membawa *reference signal*.

Parameter kedua yaitu RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) yang merupakan total power yang diterima, termasuk interferensi dan noise. Parameter ketiga adalah RSRQ (*Reference Signal Received Quality*). RSRQ memberi informasi tambahan ketika RSRP tidak cukup untuk memutuskan melakukan *handover* atau *cell reselection*.

Parameter ke-empat yang tidak kalah penting yaitu SINR (*Signal to Interference Noise Ratio*) yang merupakan rasio antara rata-rata power yang diterima dengan rata-rata interferensi dan noise. Minimum RSRP dan SINR yang sesuai tergantung pada band frekuensinya, berikut ilustrasinya:

RSRP (dBm)	SINR (dB)	LTE bands
-124	-4	1, 4, 6, 10, 11, 18, 19, 21, 24, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42,
-123	-4	9
-122	-4	2, 5, 7
-121	-4	3, 8, 12, 13, 14, 17, 20

**Tabel 2.5** Tabel Nilai Minimum RSRP dan SINR

Minimum SINR untuk semua band adalah -4 dB, dimana RSRP tergantung dari band frekuensinya. Hal inilah mengapa SINR sangat penting, SINR memberikan informasi berharga pada coverage dan throughput yang diharapkan. Sehingga, map coverage yang dihasilkan SINR lebih akurat daripada map coverage RSRP atau RSSI. Begitu juga, dengan map throughput yang dihasilkan oleh SINR.

Pada New Site yang baru saja di instalasi team drive tester memiliki tugas untuk mengaudit site tersebut. Melakukan pengecekan standar untuk melihat apakah instalasi sudah berjalan baik. Selain itu team drive tester juga bertugas untuk melakukan pengoptimalan orientasi antena serta kemiringannya (tilting) agar didapatkan coverage yang ideal dan tepat sasaran. Oleh karena itu team drive tester biasanya dilengkapi oleh rigger yang bertugas untuk mengaudit site dibawah arahan dari DT dan RNO Engineer.

#### **2.1.4.1.1 Tilting**

Audit site mempunyai bagian penting pada optimasi jaringan pada resource air-interface. Pengaturan coverage yang baik akan membuat kinerja dari site tersebut juga berjalan baik. Pada beberapa jenis antena terkini sudah memiliki motor elektrik yang secara otomatis dapat merubah arah dan kemiringan antena. Namun walaupun demikian informasi dari rigger tetap diperlukan untuk memantau area sekitar dan topologinya untuk menentukan nilai yang sesuai. Audit site belum dapat dipisahkan dari drive test karena fungsi audit diperlukan juga untuk melihat instalasi yang terpasang. Hasil audit berupa data dan foto, dimana hal-hal yang diambil telah ditentukan sebelumnya oleh pihak operator. DT Engineer bertugas memberi arahan kepada Rigger.

Ketika melakukan audit site, penentuan tilting dan pengarahannya adalah hal yang berkaitan langsung dengan optimasi. Disini peran DT Engineer dalam menganalisa nilai yang tepat sangat dibutuhkan. Hal-hal yang dapat menjadi pertimbangan adalah jarak neighbour terdekat, lokasi konsumen dan topologi wilayah. New site yang berdiri diupayakan untuk dapat mengcover suatu area. Bisa itu merupakan area perluasan cakupan (new coverage), ataupun penambahan titik untuk mengurangi kepadatan trafik (splitting). Oleh karena itu penentuan tilting dengan menganalisa posisi neighbour terdekat untuk dapat membagi beban trafik haruslah tepat. Agar tidak ada overshooting coverage sehingga cenderung menimbulkan gangguan pada sisi site neighbour. Selain itu tembakan sinyal yang dipancarkan perlu untuk mempertimbangkan wilayah

cakupan. Harus tepat sasaran dan sebisa mungkin mengantisipasi adanya bloking yang biasanya disebabkan oleh gedung, pohon, gunung dan lain-lain.

Tilting antenna adalah suatu pengaturan kemiringan antenna yang berfungsi untuk menetapkan area yang akan menerima cakupan sinyal. Untuk mengubah coverage area yang dilayani oleh BTS dapat dilakukan dengan teknik tilting, yaitu pemiringan/ perubahan posisi antenna yang dilakukan untuk mengatur coverage dari antenna. Menurut jenisnya tilting dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

#### 1. Tilting mekanik

Tilting mekanik adalah mengubah kemiringan antenna dengan cara mengubahnya dari sisi fisik antenna. Rigger memiliki alat ukur tilt meter yang memperlihatkan derajat kemiringan antenna.



**Gambar 2.7** Tilting Mechanical

#### 2. Tilting Elektrik

Tilting elektrik adalah mengubah coverage antenna dengan cara mengubah fasa antenna, sehingga terjadi perubahan pada beamwidth antenna. Mengubah fasa antenna dapat dilakukan dengan cara mengubah setingan electrical tilt pada antenna, yaitu 1,2,3 dst. Pengaturan tilt elektrik biasanya berada di bagian bawah antenna.

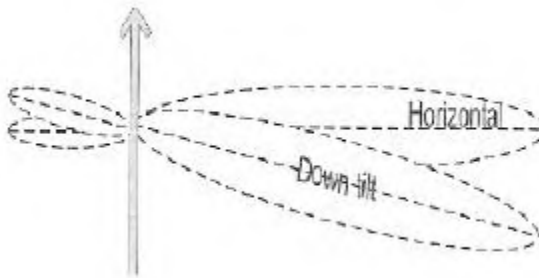


**Gambar 2.8** Tilting Electrical

Tilting elektrik dan mekanik memberikan pola pancar yang berbeda disisi side loop dan yang pasti disisi back loop karena secara fisik antenna berubah. Sementara Tilting elektrik cenderung hanya berubah ubah pada main loop dan sedikit pada side loop. Namun tidak semua antenna memiliki tilt elektrik. Kombinasi tilting elektrik dan mekanik akan menghasilkan area cakupan yang baik. Namun apabila antenna tersebut terdapat pengaturan tilt elektrik, lebih disukai merubah nilai elektrik dan membuat nilai mekanik tetap 0.

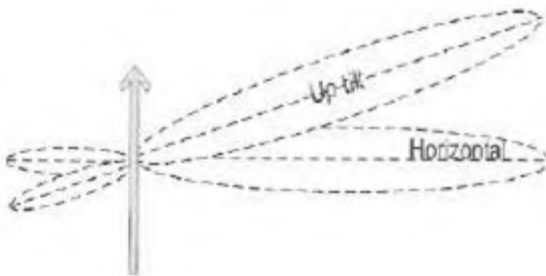
Tilting memiliki dua arahan yaitu up tilt dan ke down tilt. Down tilt adalah mengubah kemiringan antenna menjadi lebih ke bawah. Gambar menunjukkan Down Tilt Mekanik.





**Gambar 2.9** Ilustrasi Downtilt

Uptilt adalah mengubah kemiringan antenna menjadi lebih ke atas. Ini dilakukan untuk mendapatkan jarak panjar yang lebih jauh sehingga area yang di cakup antenna lebih luas. menunjukkan Up Tilt.



**Gambar 2.10** Ilustrasi Uptilt

Jarak pancar yang dapat ditempuh oleh sesuatu antenna dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Beam} < 3 \text{ dB} = H_a / \text{TAN} (\text{downtilt} + \text{vertical beamwidth}/2) \text{ (meter)}$$

$$\text{Main beam} = H_a / \text{TAN} (\text{downtilt}) \text{ (meter)}$$

$$\text{Beam} > 3 \text{ dB} = H_a / \text{TAN} (\text{downtilt} - \text{vertical beamwidth}/2) \text{ (meter)}$$

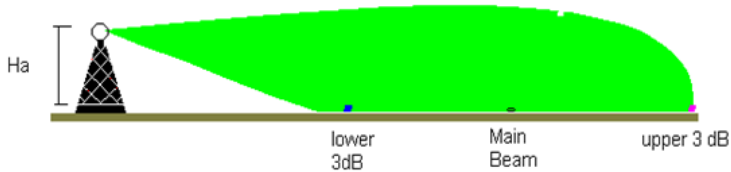
Dimana :

Jarak = Jarak beam (meter)

$H_a$  =Tinggi antenna (meter)

Downtilt = Kemiringan antenna (derajat)

Vertical beamwidht = Besar beam vertikal (derajat)

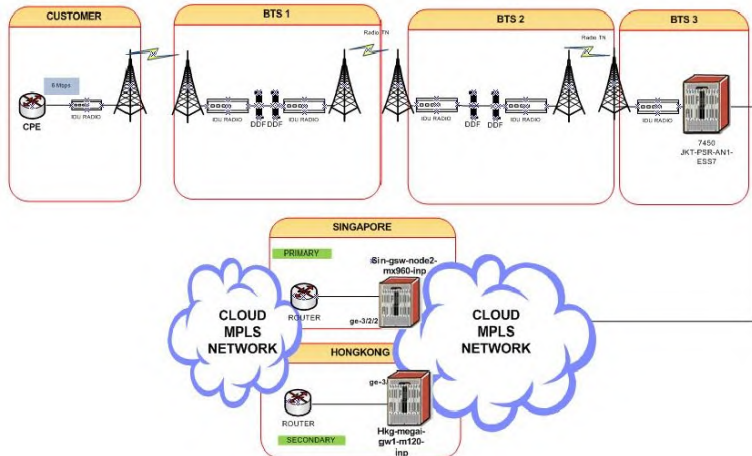


**Gambar 2.11** Ilustrasi Penghitungan Tilting Antenna

Dengan merubah derajat kemiringan antenna maka jarak pancar antenna juga berubah. Untuk mempermudah memperkirakan jarak pancar antenna dapat digunakan software-software pendukung. Salah satunya adalah katherin scala yang di dikeluarkan oleh kathrein. Untuk menentukan nilai tilting perlu diketahui juga data sheet antenna yang digunakan. Untuk melihat karakteristik antenna tersebut, seperti band pancaram, vertikal beam, tipe dan derjat tilt.

#### **2.1.4.2 Transmisi**

Transmisi pada jaringan 4G dibedakan menjadi 2 yaitu transmisi microwave, dan transmisi fiber. Kedua jenis transmisi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kelebihan dari transmisi microwave adalah waktu instalasi yang sangat cepat, sementara kelebihan dari transmisi fiber adalah lebih reliable. Kekurangan dari transmisi microwave adalah rentan terkena gangguan cuaca dan memiliki bandwidth kecil, sementara kekurangan dari transmisi fiber adalah membutuhkan waktu yang lama dalam instalasi dan biaya yang lebih mahal.



**Gambar 2.12** Gambar Ilustrasi Jaringan Fiber dan Microwave

Pada penerapannya, operator menggunakan kedua jenis transmisi dengan berbagai pertimbangan diantaranya adalah route cost, link budget, dan waktu instalasi. Jaringan backbone fiber digunakan pada pusat pusat kota yang berfungsi untuk memudahkan penyebaran transmisi ke area pinggir kota, sementara jaringan microwave digunakan pada area pinggir kota yang tidak terjangkau oleh jaringan fiber maupun daerah luar kota seperti pegunungan, hutan, lembah, dan lain sebagainya.

Kedua jenis transmisi memiliki performansi terhadap throughput yang berbeda. Karena transmisi microwave memiliki bandwidth lebih kecil daripada transmisi fiber dan rentan terhadap gangguan noise maka throughput yang dihasilkan eNodeB nya juga lebih kecil daripada eNodeB yang langsung terhubung dengan jaringan backbone fiber.

Permasalahan kualitas yang sering terjadi pada transmisi jenis microwave adalah terjadinya congest pada node yang terhubung pada jaringan akibat dari kurang lebarnya bandwidth yang dipakai. Permasalahan lain adalah karena perhitungan link budget yang kurang tepat pada WAN antar node sehingga menyebabkan kualitas link yang

terhubung antar kedua node tidak sempurna. Permasalahan lain adalah munculnya interference dari link yang menghubungkan node dengan link lain.

Sementara permasalahan kualitas yang sering terjadi pada jaringan transmisi fiber adalah implementasi pemasangan jaringan fiber yang kurang sempurna seperti bending. Kemudian permasalahan lain yang dianggap sepele namun mempunyai pengaruh besar terhadap kualitas transmisi adalah kurang sempurnanya krimping yang dilakukan pada ujung kabel dan instalasi pemasangan kabel kedalam port yang kurang sempurna.

#### 2.1.4.2.1 Jaringan Mikrowave

Radio gelombang mikrowave terdiri dari perangkat muldex, modulator-demodulator dan pemancar/penerima radio. Muldex digital adalah perangkat yang berfungsi untuk menggabungkan sejumlah sinyal dari masukan digital menjadi aliran sinyal digital tunggal pada sisi pemancar. Pada sisi penerima muldex digital memisahkan aliran sinyal digital tunggal menjadi beberapa aliran sinyal sesuai tingkatan demultiplexs.

Frekwensi radio microwave berkisar antara 5,85 GHz sampai dengan 38 GHz. Radio microwave dikategorikan menjadi dua bagian yaitu PDH dan SDH. Keduanya dibedakan berdasarkan banyaknya bandwidth yang dibawa. Besaran bandwidth pada radio microwave dibentuk dalam satuan yang disebut E1. Setiap satu E1 memiliki besaran kapasitas 2 mbps dengan impedansi 120 ohm.



**Gambar 2.13** Ilustrasi Sistem Mikrowave

PDH memiliki besaran kapasitas interfaces, 4 E1 ,16 E1 sampai dengan 64 E1 tergantung product/vendornya. Untuk system SDH kapasitas yang bisa dilewatkan dari STM1 ( 155 mbps ), STM4, STM16, STM64 dan seterusnya.

Sebelum melakukan pemasangan/instalasi Radio Microwave baik itu PDH maupun SDH, ada beberapa tahap yang harus dilakukan, antara lain:

1. Melakukan survey loss, baik melalui software path loss maupun loss survey lokasi.
2. Melakukan RFI guna mengetahui frekuensi mana yang kosong, untuk mempermudah memperoleh Lisen dari pihak Kemenkominfo (untuk perijinan frekuensi).
3. Pendataan local material, apa yang perlu dibutuhkan di lokasi tempat pemasangan radio.

Setelah proses itu dilakukan, baru mulailah dilakukan instalasi dengan asumsi memperkecil kemungkinan kendala teknis dan juga mengurangi budget yang tak terduga. Misalnya kekurangan material local, tidak LoS(Line of Sight)nya lokasi karena terhalang gedung atau faktor alam lainnya, atau permasalahan teknis lainnya seperti interfrance karena space frekwensi sudah habis.

Kualitas link radio microwave dipengaruhi oleh beberapa faktor, anatara lain sebagai berikut.

1. Diameter antenna
- 2 . Besarnya interface frekuensi
- 3 . Faktor cuaca/lokasi
- 4 . Frekuensi radio yang digunakan
5. Jarak antar radio

Untuk membedakan antra radio microwave dengan BTS biasanya dilihat dari struktur antenna, untuk radio microwave sendiri berbentuk bulat seperti gendang ataupun lempengan parabolic.

#### 2.1.4.2.2 Jaringan Fiber

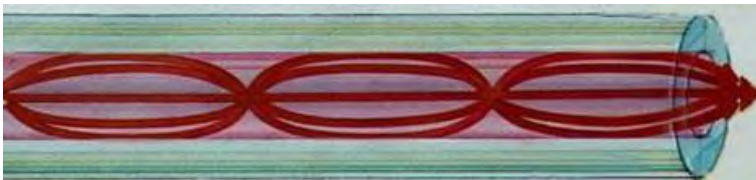
Kabel Fiber optic adalah sebuah kabel yang terbuat dari serat kaca dengan teknologi canggih dan mempunyai kecepatan transfer data yang lebih cepat daripada kabel biasa, biasanya fiber optic digunakan pada jaringan backbone (Tulang Punggung) karena dibutuhkan kecepatan yang lebih dalam jaringan ini, namun pada saat ini sudah banyak yang menggunakan fiber optic untuk jaringan biasa baik LAN, WAN maupun MAN karena dapat memberikan dampak yang lebih pada kecepatan dan bandwidth karena fiber optic ini menggunakan bias cahaya untuk mentransfer data yang melewatinya dan sudah barang tentu kecepatan cahaya tidak diragukan lagi namun untuk membangun jaringan dengan fiber optic dibutuhkan biaya yang cukup mahal dikarenakan dibutuhkan alat khusus dalam pembangunannya.

Fiber optik memiliki 2 jenis yaitu single-mode fibers dan multi-mode fibers. Fiber optic single-mode mempunyai inti yang kecil (berdiameter 0.00035 inch atau 9 micron) dan berfungsi mengirimkan sinar laser inframerah (panjang gelombang 1300-1550 nanometer).



**Gambar 2.14** Fiber Optik Single-Mode

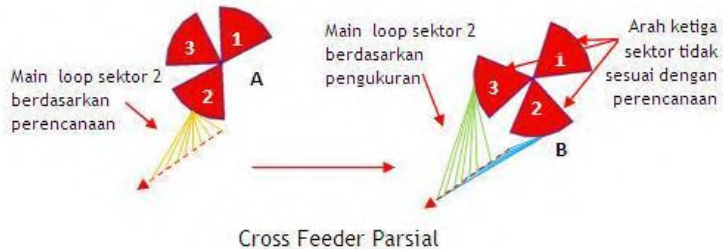
Sementara fiber optic multi-mode mempunyai inti yang lebih besar (berdiameter 0.0025 inch atau 62.5 micron) dan berfungsi mengirimkan sinar laser inframerah (panjang gelombang 850-1300 nanometer).



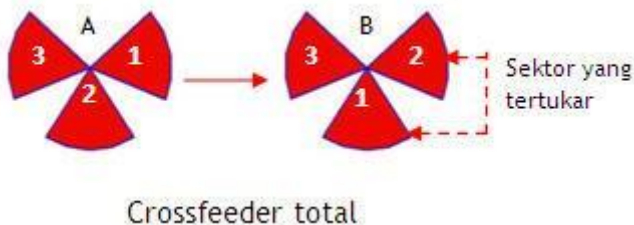
**Gambar 2.15** Fiber Optik Multi-Mode

#### 2.1.4.3 Hardware

Pada jaringan 4G jenis kesalahan yang sering ditemukan pada hardware adalah cross feeder. Cross feeder dibagi menjadi 2 yaitu cross feeder parsial dan cross feeder total. Cross feeder parsial terjadi ketika sektor yang tidak seharusnya melakukan layanan malah bergantian melakukan layanan dengan sektor yang utama. *Crossfeeder* jenis ini terjadi karena kesalahan instalasi pada antenna dimana arah azimuth antenna tidak sesuai dengan perencanaan. Cross feeder total juga terjadi karena kesalahan instalasi, kesalahan itu berupa tertukarnya kabel *feeder* ke antenna yang lain. Sehingga sektor-sektor yang ada pada site posisinya menjadi berubah.



**Gambar 2.16** Cross Feeder Parsial



**Gambar 2.17** Cross Feedere Total

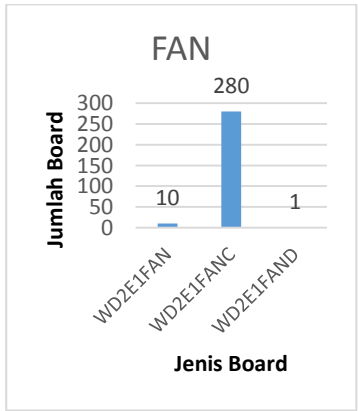
Pada implementasinya, permasalahan kualitas pada hardware di jaringan LTE tidak banyak ditemukan karena hardware yang terpakai pada jaringan LTE sudah memiliki standarisasi tersendiri dari vendor penyedia hardware tersebut. Permasalahan yang sering terjadi adalah munculnya faulty pada hardware dimana kondisi hardware eror atau

rusak akibat kesalahan sistem maupun kesalahan eksternal. Permasalahan lain yang sering terjadi adalah kapasitas dari hardware yang melampaui batas yang mengakibatkan menurunnya kinerja dari hardware tersebut. Namun pada penerapannya di PT. XL Axiata permasalahan load hardware masih sangat jarang ditemukan

**2.1.4.3.1    BTS3900 Huawei**

Berikut adalah jenis-jenis dan spesifikasi *board* yang digunakan pada teknologi LTE 4G di *Base Transceiver Station* 3900 Huawei yang digunakan langsung pada BTS milik PT. XL Axiata beserta jumlah dan fungsi dari hardware yang bersangkutan:

**Board FAN**



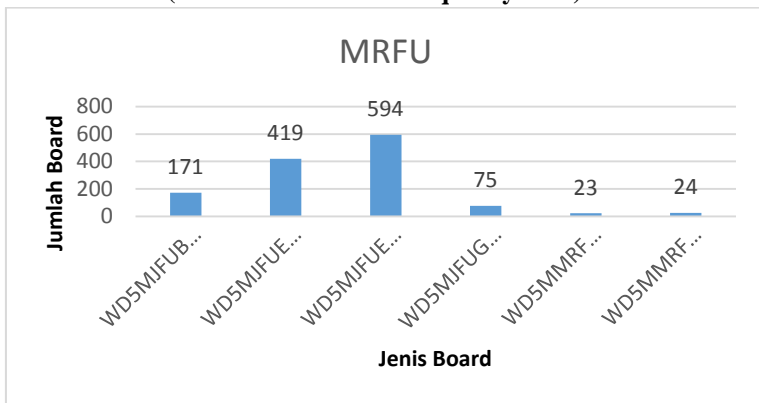


**Gambar 2.18** Jumlah dan Jenis Board FAN BTS3900

### Fungsi

- Menghilangkan panas dari board lain di BBU
- Mengontrol kecepatan kipas, memonitor temperatur kipas, dan melaporkan status, temperatur, dan sinyal posisi kipas kepada *main control board*.
- FANc memberikan label *read-write* elektronik.

### Board MRFU (Multi-Mode Radio Frequency Unit)



**Gambar 2.19** Jumlah dan Jenis Board MRFU BTS3900

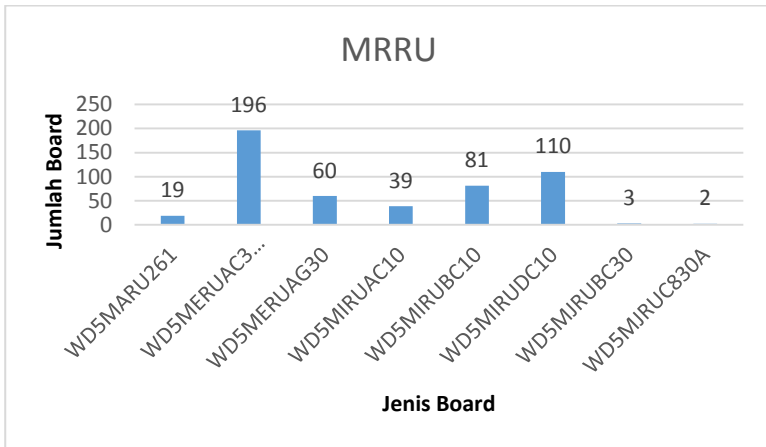
### Fungsi

MRFU mempunyai fungsi sebagai berikut:

- Melakukan konversi pada sinyal intermediate frequency (IF) kanal transmisi, dan memodulasi sinyal baseband ke sinyal RF. Setelah difilter dan diperkuat, sinyal RF dikirim oleh filter duplex ke antena.
- Menerima sinyal RF dari sistem antena dan kemudian menkonversi sinyal yang diterima ke sinyal IF. Setelah diperkuat, melakukan konversi analog-to-digital, digital down-converted, matched filtered, dan proses digital automatic gain control (DAGC), sinyal IF dikirim ke BBU untuk diproses lebih lanjut.

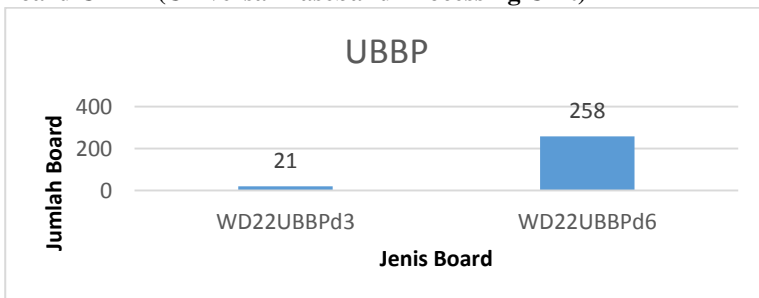
- Kontrol daya.
- Tes VSWR.
- Mengelola TMA power feeding dan RET antena.
- Mengontrol feedback DPD.
- Menghasilkan clock CPRI, memulihkan clock CPRI dari out-of-sinkronisasi, dan mendeteksi alarm.

### Board MRRU



**Gambar 2.20** Jumlah dan Jenis Board MRRU BTS3900

### Board UBBP (Universal Baseband Processing Unit)

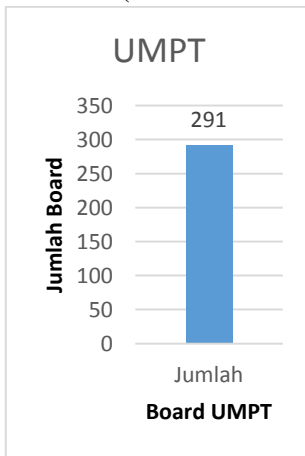


**Gambar 2.21** Jumlah dan Jenis Board UBBP BTS3900

### **Fungsi**

- Menyediakan port PRI untuk berkomunikasi dengan modul RF.
- Memproses uplink dan downlink pada sinyal baseband.
- Mensupport multiplexing pada sumber baseband dengan perbedaan mode, sehingga demikian terjadi implementasi multimode yang concurrency.

### **Board UMPT(Universal Main Processing and Transmisi Unit)**

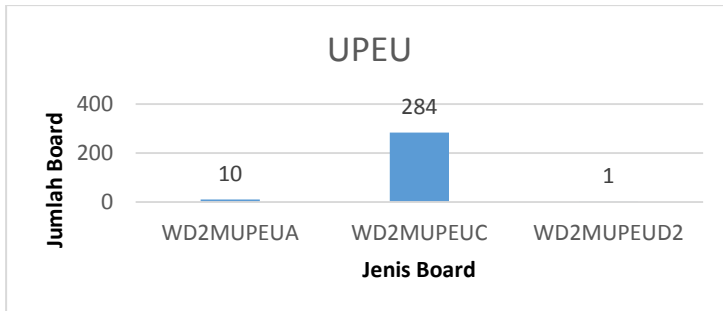


**Gambar 2.22** Jumlah dan Jenis Board UMPT BTS3900

### **Fungsi**

1. Mengatur konfigurasi dan peralatan, memonitor kinerja, dan memproses sinyal
2. Memproses sinyal dan mengatur sumber untuk board yang lain dalam BBU
3. Menyediakan USB port, Transmisi port, dan maintenance port untuk menyediakan sinyal transmisi, menunjukkan performansi automatic software upgrade, dan mendukung BBU maintenance dalam LMT atau U2000

### **Board UPEU(Universal Power And Environment Interface Unit)**



**Gambar 2.23** Jumlah dan Jenis Board UPEU BTS3900

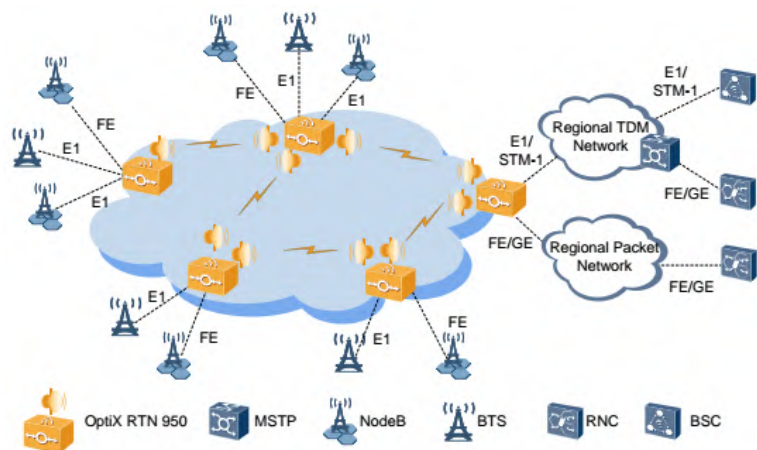
### **Fungsi**

UPEU mempunyai beberapa fungsi diantaranya:

1. UPEUa, UPEUc, and UPEUd mengubah input DC -48V menjadi daya DC +12V
2. UPEUb mengubah daya input DC +24V menjadi daya DC +12V
3. UPEU menyediakan dua port dengan setiap satu channel transmisi ke dari sinyal RS485 dan dua port dengan setiap empat channel transmitter dari sinyal Boolean. Sinyal Boolean hanya dapat dikeringkan atau dibuka dengan mengumpulkn sinyal OC

#### **2.1.4.3.2 Radio Transmission Node**

Radio Transmission Node (RTN) adalah perangkat radio transmisi yang dikembangkan oleh Huawei. Pada penerapannya, hardware transmisi microwave terbaru yang digunakan pada PT. XL Axiata adalah RTN 950. Perangkat ini tidak hanya bisa dipakai untuk layanan 3G/WiMAX/LTE backhaul namun juga bisa digunakan untuk private network service dan private line service untuk pelanggan VIP.



**Gambar 2.24** Ilustrasi Penerapan RTN Pada Jaringan Telekomunikasi

### 2.1.4.3.3 Mini Link Transmission Node

Mini-Link Transmission Node (MLTN) adalah perangkat radio transmisi yang dikembangkan oleh Ericsson. Pada penerapannya, sebelum memakai perangkat transmisi RTN PT. XL Axiata menggunakan perangkat radio transmisi MLTN



**Gambar 2.25** Perangkat MLTN Pada Site

## 2.2 Key Performance Indicator

Parameter *Key Performance Indicator* (KPI) merupakan indikator yang digunakan untuk mencari akar permasalahan dari permasalahan dari jaringan 4G. KPI dibedakan menjadi 2 yaitu KPI kualitas dan KPI kapasitas. Sama seperti LTE Resources KPI dari kualitas dibagi menjadi 3 jenis yaitu Air-interface, Hardware, dan Transmisi. 3 jenis KPI memiliki sub-counter yang akan dijabarkan pada bab berikut ini.

### 2.2.1 Alarm

Pada jaringan LTE terdapat alarm yang mengindikasikan indikator gangguan baik dari air-interface, transmisi, maupun hardware. Alarm tidak mempunyai baseline seperti KPI yang lain, namun alarm memiliki pengaruh langsung terhadap performansi dari eNodeB.

Sebelum melakukan analisa terhadap performansi dari eNodeB, engineer terlebih dahulu melakukan pengecekan apakah ada alarm yang memiliki pengaruh langsung terhadap eNodeB. Jika ditemukan ada alarm yang impact terhadap eNodeB maka akan dilakukan penanganan alarm terlebih dahulu.

Contoh alarm yang biasa terjadi dan memiliki pengaruh langsung pada throughput adalah:

1. Cell Unavailable: Alarm cell unavailable memiliki arti bahwa cell dari eNodeB tidak memberikan layanan atau mati. Alarm ini memiliki impact langsung terhadap layanan dan langkah yang bisa diambil adalah dengan mencari penyebab dari cell yang mati pada alarm yang lain.
2. S1 Interface Fault: Alarm S1 interface fault memiliki arti bahwa ada ada jalur pada interface S1 yang mengalami faulty atau kegagalan. Alarm ini berasal dari transmisi S1 dan harus dilakukan pengecekan terkait transmisi dari eNodeB.
3. RF Unit VSWR Treshold Crossed: Alarm RF unit VSWR Treshold crossed memiliki arti bahwa nilai VSWR pada unit antenna melewati batas dan mengganggu service dari eNodeB. Penanganan pada alarm ini adalah dengan melakukan cek pada kabel konektor, jumper, dan feeder.

### 2.2.2 Air-interface

#### a. *Cell Integrity Throughput*

*Cell Integrity Throughput* mengindikasikan performansi nilai throughput yang ada pada eNodeB dan mengindikasikan jumlah dari user yang terkoneksi pada eNodeB.

*User Downlink Average Throughput* (Mbit/s)

Counter *UserDownlink Average Throughput* mengindikasikan nilai rata-rata dari downlink throughput dari user ketika data sedang dalam proses transfer *downlink* pada periode waktu tertentu.

Rumus Counter:

$$\text{UserDLAveThp} = \left( \frac{\text{L.Thrp.bits.DL} - \text{L.Thrp.bits.DL.LastTTI}}{\text{L.Thrp.Time.DL.RmvLastTTI}} \right) / 1000$$

*User Uplink Average Throughput* (Mbit/s)

Counter *User Uplink Average Throughput* mengindikasikan nilai rata-rata dari uplink throughput dari user ketika data sedang dalam proses transfer *uplink* pada periode waktu tertentu.

Rumus Counter:

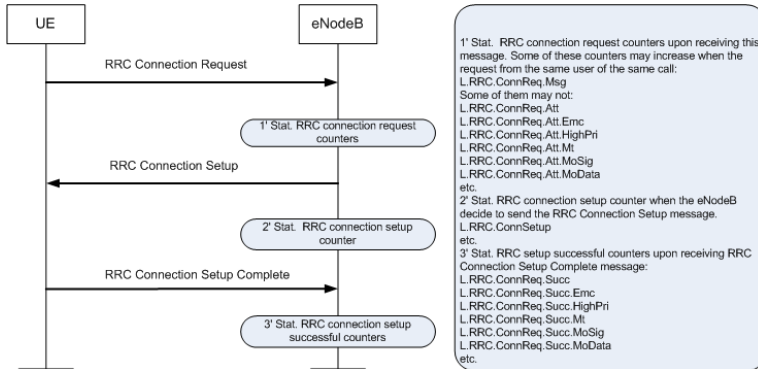
$$\text{UserULAveThp} = \left( \frac{\text{L.Thrp.bits.DL} - \text{L.Thrp.bits.DL.LastTTI}}{\text{L.Thrp.Time.DL.RmvLastTTI}} \right) / 1000$$

#### b. *Accessibility*

*Accessibility* digunakan untuk mengukur probabilitas user yang mengakses *network* dan *request service* pada kondisi operasi yang diberikan. Layanan yang diberikan oleh E-UTRAN didefinisikan dengan nama EPS / E-RAB (EPS adalah *Evolved Packet System* dan E-RAB adalah *E-UTRAN Radio Access Bearer*). Koneksi *Radio Resource Control* (RRC) dan *Setup System Architecture Evolution* (SAE) adalah prosedur utama dimana performansi keduanya diukur melalui KPI *Accessibility*.

*RRC Setup Success Rate* (%)

Counter *RRC Setup Success Rate* mengindikasikan prosentase keberhasilan dari RRC connection setup untuk service pada cell. RRC connection adalah koneksi UU interface yang digunakan untuk membawa pesan signaling dari user.



**Gambar 2.26** Flowchart Pada Counter *RRC Setup Success Rate*

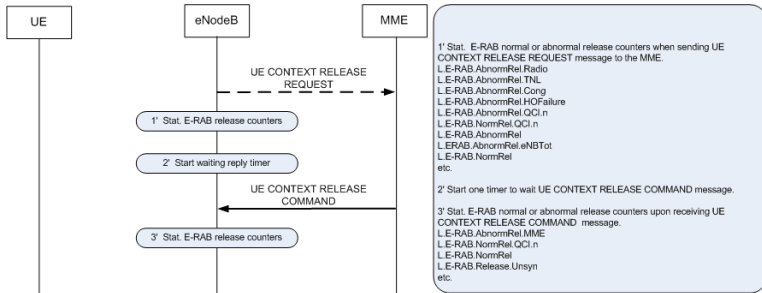
Rumus Counter:

$$RRCS\_SR_{service} = \frac{RRCConnectionSuccess_{service}}{RRCConnectionAttempt_{service}} \times 100\%$$

*E-RAB Setup Success Rate (%)*

Counter *E-RAB Setup Success Rate* mengindikasikan prosentase dari total jumlah setup E-RAB berhasil yang diinisiasi oleh UE pada cell. E-RAB setup diinisiasi oleh UE ketika UE meminta layanan dari radio network.





**Gambar 2.27** Flowchart Pada Counter E-RAB Setup Success Rate

Rumus Counter:

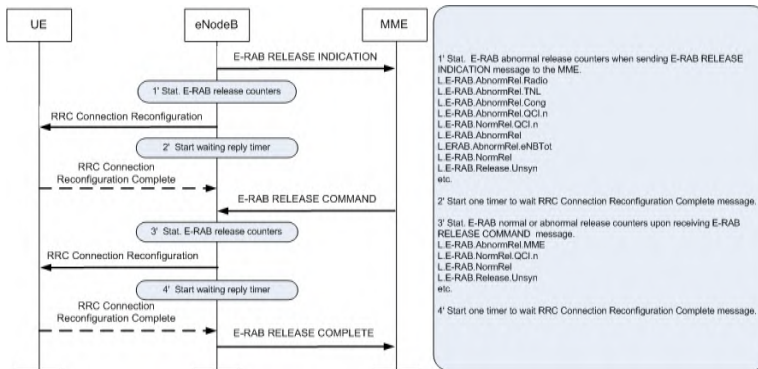
$$ERABS\_SR = \frac{ERABSetupSuccess}{ERABSetupAttempt} \times 100\%$$

### c. Retainability

*Retainability KPI* mengindikasikan kemampuan *network* untuk menyajikan *service* yang diminta oleh *user* dalam waktu tertentu yang diinginkan oleh *user* saat *user* terhubung ke *service*. *Retainability KPI* penting untuk mengevaluasi apakah sistem dapat menjaga kualitas servis tetap bagus atau tidak.

### Service Drop Rate (%)

Counter *Service Drop Rate* mengindikasikan prosentase besarnya drop yang terjadi pada cell maupun radio network, termasuk layanan VoIP. Counter ini juga mengindikasikan adanya abnormal release pada eNodeB.



**Gambar 2.28** Flowchart Pada Counter *Service Drop Rate*

Rumus Counter:

$$Service\_CDR = \frac{ERABAbnormalRelease}{ERABRelease} \times 100\%$$

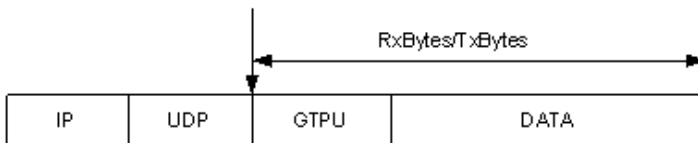
## 2.2.3 Transmisi

### a. GTP-U Measurement

KPI *GTP-U Measurement* pada transmisi digunakan untuk mengukur jumlah paket dan jumlah byte pada paket yang diterima maupun ditransmisikan oleh GTP-U link.

*Drop Packet* (byte)

Counter *Drop Packet* mengindikasikan jumlah dalam byte pada paket eror yang diterima pada layer GTP-U pada beberapa case diantaranya: 1. Pencarian internetworking (ITW) 2. Error pada cek versi 3. Tipe protocol yang salah 4. Panjang paket yang salah 5. Layer tambahan pada header yang ada pada paket 7. Layer tambahan yang invalid.



**Gambar 2.29** Letak GTP-U Pada Paket Data

Rumus Counter:

$$GTP - U \text{ Drop} = VS.Gtpu.RxDropBytes$$

#### **2.2.4 Hardware**

##### ***a. Maximum and Average Board CPU Usage***

Counter yang terdapat di kelompok ini ada dua counter antara lain yaitu counter VS.BBUBoard.CPULoad.Max dan VS.BBUBoard.CPULoad.Mean. Counter ini adalah counter yang mengindikasikan nilai maksimum dan rata-rata dari penggunaan CPU dari board BBU dalam periode pengukuran tertentu. Penggunaan CPU disampling tiap detik dan rata-rata dari penggunaan CPU tiap 5 detik itu yang akan digunakan sebagai hasil sampling. Nilai maksimum atau rata-rata dari hasil akhir sampling digunakan sebagai nilai akhir counter.

Pada KPI hardware, data yang diambil untuk nilai *maximum and average board CPU usage* adalah nilai dari board BBP, BRI, GTMU, dan MPT.

##### ***a. Availability***

Sebuah *cell* dikatakan *available* apabila eNodeB dapat memberikan EPS *bearer service*. *Availability* di sebuah *cell* dapat diukur saat berbagai variasi kerusakan atau masalah terjadi pada *hardware / software* di *cell*. Letak dari permasalahan pada counter *Availability* memiliki akar permasalahan yang berbeda dan bisa terletak baik pada air-interface, hardware, maupun transmisi.

##### ***Radio Network Availability Rate (%)***

Counter *Radio Network Availability Rate* mengindikasikan prosentase dari *cell* yang aktif selama periode pemakaian 3600detik. Nilai dari counter ini dipengaruhi oleh sistem diantaranya adalah board faults, CPRI link fault, modul RF dan channel TX/RX fault, tidak tersedianya sumber daya transmisi control-plane (S1 link fault), tidak tersedianya sumber daya transmisi user-plane (IP path), sumber daya licence yang tidak cukup, atau tidak tersedianya clock.

Rumus Counter:

$$RAN\_Unavail\_Rate = \frac{\sum_{Cluster} CellUnavailTime}{TheTotalNumberOfCellsInCluster * \{SP\} * 60} \times 100\%$$

### 2.3 Metode Optimasi Kualitas Resource Jaringan LTE

Kualitas resource pada jaringan LTE yang berpengaruh langsung pada throughput terdiri dari 3 yaitu kualitas air-interface, kualitas transmisi, dan kualitas hardware. Kualitas air-interface pada eNodeB diwakili oleh KPI availability, accessibility, dan retainability. Kualitas transmisi pada eNodeB diwakili oleh KPI GTP-U measurment. Kualitas hardware pada eNodeB diwakili oleh KPI availability.

Optimasi jaringan yang diterapkan langsung dilapangan memiliki beberapa kondisi agar bisa benar benar diimplementasikan. Kondisi pertama adalah adanya komplain dari pelanggan kepada PT. XL Axiata, dan kondisi kedua adalah nilai parameter performansi KPI berada dibawah baseline.

Metode optimasi jaringan yang diterapkan jika terdapat nilai parameter performansi dibawah baseline dibedakan berdasarkan parameter performansi dari KPI tersebut dan dibedakan berdasarkan resource pada eNodeB.

#### 2.3.1 Metode Optimasi Availability

Metode optimasi pada parameter performansi availability dibedakan berdasarkan sumber alarm yang terjadi pada eNodeB. Karena alarm muncul akibat dari hardware dan konfigurasi, maka metode optimasi yang bisa dilakukan pada parameter performansi availability adalah melakukan pengecekan pada hardware secara langsung pada eNodeB dan melakukan pengecekan konfigurasi pada eNodeB tersebut.

#### 2.3.2 Metode Optimasi Accessibility

Metode optimasi pada parameter performansi accessibility lebih difokuskan kepada kualitas RF dari eNodeB. Jika nilai

accessibility dibawah baseline langkah pertama yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan pengecekan pada eNodeB surrounding apakah terjadi overshoot. Jika memang terjadi overshoot metode optimasi yang bisa dilakukan adalah dengan mengurangi power transmit dari eNodeB surrounding.

Langkah kedua adalah dengan melakukan pengecekan coverage dari eNodeB yang bersangkutan apakah mencakup dari lokasi UE yang meminta akses ke eNodeB yang bersangkutan. Jika memang coverage dari eNodeB masih tidak menjangkau UE maka metode optimasi yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan physical audit dari eNodeB yang bersangkutan.

### **2.3.3 Metode Optimasi Retainability**

Metode optimasi pada parameter performansi retainability memiliki beberapa fokus diantaranya adalah optimasi pada sisi RF, dan optimasi pada sisi transmisi. Jika nilai drop pada retainability tinggi maka langkah awal yang bisa dilakukan adalah melakukan pengecekan pada sisi coverage eNodeB yang bersangkutan apakah mencakup dari lokasi UE yang di drop oleh eNodeB yang bersangkutan. Jika drop terjadi pada eNodeB yang bersangkutan akibat dari lemahnya coverage metode optimasi yang bisa dilaksanakan adalah dengan physical audit. Kemudian jika coverage tidak bermasalah langkah berikutnya yang bisa diambil adalah dengan melakukan pengecekan pada counter interference, jika nilai interference dibawah baseline maka bisa dipastikan drop berasal dari interferensi RF ilegal.

Langkah kedua adalah dengan melakukan pengecekan pada sisi transmisi. Counter yang bisa merepresentasikan kondisi transmisi adalah counter IP Performance Monitoring. Jika nilai drop, delay dan jitter pada counter IP Performance Monitoring tinggi maka metode optimasi yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan upgrade hardware transmisi atau reroute rute transmisi yang memiliki nilai link budget lebih baik.

#### **2.3.4 Metode Optimasi GTP-U Measurment**

Metode optimasi pada parameter performansi GTP-U measurment difokuskan pada kinerja dari transmisi sistem. Jika nilai drop pada GTP-U tinggi maka langkah awal yang bisa dilakukan adalah melakukan pengecekan pada sisi kapasitas bandwidth dari eNodeB yang bersangkutan. Jika bandwidth transmisi dari eNodeB yang bersangkutan dipakai lebih dari 70% maka metode optimasi yang bisa diambil adalah menambah bandwidth pada transmisi.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI**

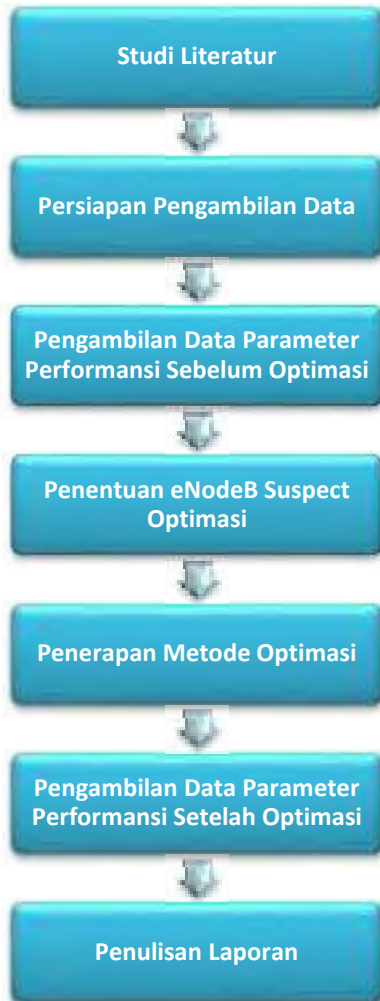
Pada bab ini akan dibahas mengenai teknik pengambilan data yang dilakukan langsung pada intranet jaringan PT. XL Axiata. Tujuan yang ingin dicapai adalah mendapatkan hasil parameter unjuk kerja berupa *Availability*, *Accessibility*, *Retainability*, dan GTP-U Drop.

Selain itu bab ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi eNodeB bermasalah, mencari akar permasalahan, dan melakukan analisa untuk mencari metode optimasi jaringan yang bisa diterapkan pada jaringan PT. XL Axiata area Surabaya.

Setelah analisa dan metode optimasi sudah ditemukan, metode optimasi akan langsung diterapkan pada jaringan. Setelah penerapan metode optimasi maka akan dilakukan pengambilan parameter pasca penerapan metode optimasi yang bertujuan untuk melihat apakah ada kenaikan *throughput* yang terjadi pada eNodeB. Jika *throughput* dari eNodeB yang bermasalah naik maka penerapan metode optimasi dianggap berhasil, namun jika *throughput* tidak mengalami kenaikan maka akan dilakukan analisa lebih dalam kepada eNodeB tersebut

#### **1.1 Metodologi Penelitian**

Metodologi yang penulis lakukan terdiri dari studi literatur, pengambilan data parameter performansi awal, identifikasi site bermasalah, analisa akar permasalahan, analisa dan penerapan metode optimasi jaringan, pengambilan data parameter setelah optimasi, dan penulisan laporan. Adapun alur dari penelitian Tugas Akhir ini dapat direpresentasikan dalam **Error! Reference source not found.**



**Gambar 1.1** Alur Pengerjaan Tugas Akhir

## **1.2 Persiapan Pengambilan Data**

Persiapan pengambilan data yang perlu dilakukan adalah persiapan software dan persiapan hardware.



### **1.2.1 Persiapan Software**

Software yang digunakan untuk penelitian ini adalah U2000, G-Net Track, dan Ookla Speedtest. U2000 digunakan untuk mengambil data performansi dari eNodeB. G-Net Track digunakan untuk melakukan identifikasi eNodeB, dan mengambil data nilai coverage dan kualitas dari eNodeB. Ookla Speedtest digunakan untuk mengambil data nilai performansi throughput dari eNodeB.

#### **1.2.1.1 U2000**

U2000 adalah software yang dibuat untuk memanajemen peralatan transport, akses, dan IP baik yang ada pada layer network elemen maupun layer network. U2000 mempunyai desain yang kompak yang membantu operator mengurangi biaya operasi dan biaya pemeliharaan dari sistem. Untuk mengambil data komputer harus terkoneksi dengan intranet dari jaringan PT. XL Axiata, koneksi bisa melalui jaringan wireless maupun jaringan LAN. Software U2000 digunakan untuk mengambil data performansi KPI.

Pada tampilan awal U2000 mewajibkan pengguna untuk memasukkan id dan password. Pengambilan data yang dilakukan menggunakan id dan password dari engineer PT. XL Axiata. Untuk mengambil KPI U2000 terlebih dahulu perlu dilakukan setting counter parameter dari KPI yang akan diambil. Parameter performansi yang diambil dari U2000 adalah parameter performansi KPI availability, accessibility, retainability, dan GTP-U measurment dari eNodeB.

#### **1.2.1.2 G-Net Track**

G-Net Track adalah software yang digunakan untuk monitor lapangan kinerja jaringan dari teknologi UMTS, GSM, LTE, CDMA, dan EVDO. Aplikasi ini dapat memonitor serving CELLID, LEVEL, QUAL, MCC, MNC, LAC, dan lain lain. Pada jaringan LTE kualitas dari coverage yang diukur adalah nilai dari RSRP, dan RSRQ.

Data yang dibutuhkan untuk diambil pada G-Net Track adalah lokasi dari serving eNodeB dan data dari nilai RSRP dan RSRQ dari eNodeB. Nilai RSRP menunjukkan nilai kualitas coverage dari suatu eNodeB, sementara nilai RSRQ menunjukkan kualitas sinyal yang

diterima oleh UE. Nilai RSRP dan RSRQ dari eNodeB digunakan untuk menentukan lokasi pengambilan data speedtest terbaik.

### **1.2.1.3 Ookla Speedtest**

Software yang digunakan untuk mengambil data speedtest adalah Ookla Speedtest. Ookla Speedtest memiliki kemampuan untuk mengukur kecepatan download dan upload dari suatu jaringan. Ookla memungkinkan pengguna untuk memilih server lokasi dari speedtest dan merekam hasil speedtest berdasarkan waktu pengambilan speedtest. Ookla memiliki tingkat akurasi yang tinggi untuk merekam kecepatan download dan upload dari suatu jaringan, dan aplikasi ini sudah dipakai secara luas diseluruh dunia.

Pengambilan data speedtest pada eNodeB yang akan dioptimasi dilakukan dengan memperhatikan beberapa kondisi yaitu:

1. Sinyal LTE fullbar.
2. Test dilakukan dalam keadaan tidak bergerak (stagnan).
3. Nilai RSRP dari cell tersebut tidak lebih kecil dari -85dBm.
4. Nilai RSRQ dari cell tersebut tidak lebih kecil dari -11dB
4. Menggunakan server yang sama saat melakukan speedtest, yaitu server PT. XL Axiata.
5. Speedtest dilaksanakan 5 kali per cell secara berurutan dan 3 kali pengulangan pada tiap cell dengan jeda waktu minimal 15 menit.

Kondisi pengambilan data speedtest sinyal LTE fullbar berkaitan dengan nilai RSRP atau coverage dari cell eNodeB yang bersangkutan. Nilai RSRP tidak lebih kecil dari -85 bertujuan agar pengambilan data speedtest tidak terpengaruh oleh kondisi poor RF coverage.

Kondisi pengambilan data speedtest dengan nilai RSRQ tidak lebih kecil dari -11 bertujuan agar pengambilan data speedtest tidak terpengaruh oleh kondisi poor RF quality.

Kondisi pengambilan data speedtest stagnan memiliki tujuan agar data speedtest yang diambil tidak terjadi perubahan nilai coverage atau RSRP dan nilai kualitas sinyal atau RSRQ.

Pemilihan server speedtest PT. XL Axiata adalah karena jaringan eNodeB yang digunakan milik PT.XL Axiata Surabaya.

Pelaksanaan speedtest 5 kali per cell secara beruntun dan 3 kali pengulangan pada tiap cell dengan jeda waktu minimal 5 menit bertujuan agar pengambilan data parameter performansi speedtest lebih valid.

### **1.2.2 Persiapan Hardware**

Hardware yang digunakan untuk mengabil data speedtest adalah Asus Zenfone 2 ZE551ML. Asus Zenfone 2 ZE551ML memiliki fitur layanan LTE band 3(1800Mhz), dan mempunyai fitur LTE Cat4 dengan kemampuan DL 150Mbps dan UL 50Mbps.

## **1.3 Pengambilan Data Parameter Performansi Sebelum Optimasi**

Langkah pengambilan data sebelum optimasi dilakukan untuk melihat performansi dari eNodeB yang nantinya akan dilakukan optimasi. Pada tahapan ini, dilakukan pengambilan parameter seperti *Availability*, *Accessibility*, *Interference*, *Retainability*, dan *GTP-U Drop* yang nantinya akan dilihat dan digunakan sebagai analisa pengaruh hasil optimasi yang diterapkan. Data sebelum optimasi juga akan digunakan untuk menganalisa akar permasalahan yang terjadi pada eNodeB yang bisa digunakan sebagai dasar melakukan optimasi.

## **1.4 Penentuan eNodeB Suspect Optimasi**

Penentuan eNodeB suspect optimasi dilakukan dengan melihat parameter *User Downlink Throughput* yang memiliki nilai selalu dibawah baseline selama periode 1 bulan. Nilai baseline dari *User Downlink Throughput* adalah 6.96Mbps. Untuk mencari kandidat eNodeB yang memiliki nilai parameter *User Downlink Throughput* dilakukan pengolahan data dari data performansi KPI yang diambil dari U2000.

Setelah ditemukan beberapa eNodeB yang memiliki throughput selalu dibawah baseline langkah selanjutnya adalah melakukan speedtest pada eNodeB tersebut untuk menentukan apakah nilai throughput yang dibawah baseline disebabkan karena behaviour dari UE atau karena ada permasalahan yang menyebabkan nilai throughput rendah.

Setelah hasil speedtest dari semua eNodeB suspect optimasi didapatkan maka eNodeB dengan nilai speedtest dibawah baseline akan menjadi kandidat yang akan dilakukan optimasi.

Transmisi	Hardware	Air-Interface
<ul style="list-style-type: none"><li>• GTP-U Drop</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Availability</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acessibility</li><li>• Retainability</li></ul>

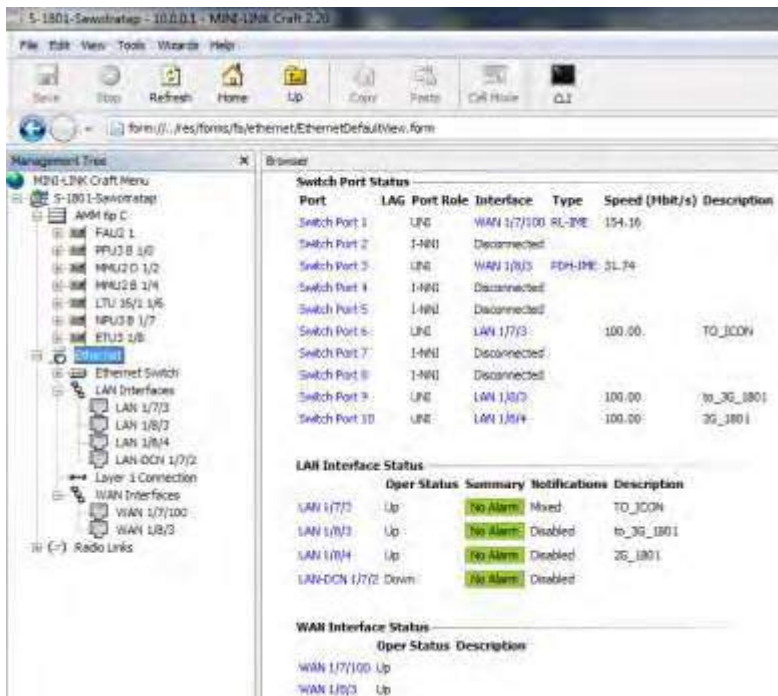
**Gambar 1.2** Penentuan Akar Permasalahan Berdasarkan Resource

Pada gambar 3.2 penentuan akar permasalahan dari eNodeB suspect optimasi dilihat dari nilai tiap parameter performansi nya. Contoh jika nilai dari salah satu counter pada resource mengalami masalah atau berada dibawah baseline maka bisa dipastikan jika permasalahan terletak pada resource dari counter tersebut. Untuk penerapan metode optimasi didasarkan pada permasalahan tiap resource yang berbeda satu dengan yang lainnya. Counter *accessibility* dan *retainability* mempengaruhi performansi dari resource air-interface. Counter *availability* mempengaruhi performansi dari resource hardware. Counter GTP-U Drop mempengaruhi performansi dari resource transmisi.

**1.5 Penerapan Metode Optimasi**

Optimasi yang diterapkan pada eNodeB suspect optimasi adalah dengan merubah rute dari eNodeB tersebut. Perubahan rute yang dilakukan didasarkan kepada kemampuan eNodeB menerima traffic atau beban dan didasarkan kepada kondisi lingkungan antar node yang mempengaruhi link budget dari transmisi microwave antar eNodeB.

Pada gambar 3.3 terdapat contoh tampilan Mini-Link Craft yang menunjukan status pemakaian port pada perangkat MLTN yang sudah dikonfigurasi pada site.



**Gambar 1.3** Tampilan Mini-Link Craft

Pada tabel 3.1 ditunjukkan rute dari eNodeB jalur menuju ke eNodeB KeteganTaman sebelum dilakukan reroute dan kemampuan dari WAN yang ada antar eNodeB. Pada site 1549 dan 1801 kemampuan WAN yang hanya 31,74Mbps kurang mampu menampung traffic yang ada.

1549<>1801<>A688<>254C911 (KeteganTaman)

1549<>1847<>1801<>A688<>254C911 (KeteganTaman)

Site	WAN	Site	WAN	Site
1549	31,74Mbps	1801	154,16Mbps	A688







**Tabel 1.1** Rute Sebelum

Pada tabel 3.2 ditunjukkan rute dari eNodeB jalur menuju ke eNodeB KeteganTaman setelah dilakukan reroute. Reroute dilakukan dari site 1801 melewati site 1847 sebelum akhirnya masuk pada site 1549.

Site	WAN	Site	WAN	Site	Site
1549	154,16Mbps	1847	154,16Mbps	1801	154,16Mbps



**Tabel 1.2** Rute Setelah

Pada gambar 3.4 ditunjukkan konfigurasi MLTN sebelum dibuat rute pada site 1549. Sebelum diubah rute, site 1549 memiliki rute ke site 1801.

PFU3	FAN	ETU					NPU		
		LTU/ETU							
PFU3		MMU to							
		MMU to 1550-TAMBAKPINGGIR							
		MMU to 1801-Sewotratap							
		MMU to							







**Gambar 1.4** Rute Site 1549 Sebelum Reroute Pada MLTN

Pada gambar 3.5 ditunjukkan konfigurasi MLTN setelah diubah rute pada site 1549. Setelah diubah rute, site 1549 memiliki rute ke site 1847.

PFU3	FAN		NPU		
		LTU16/1			
PFU3		MMU to 1847-Gedengan			
		MMU to 2542597_BundaranWaru (Disma			









**Gambar 1.5** Rute Site 1549 Setelah Reroute Pada MLTN

Pada gambar 3.6 ditunjukkan konfigurasi MLTN sebelum dibuat rute pada site 1549. Sebelum diubah rute, site 1801 memiliki rute ke site 1549.

SPARE	FAU2	ETU					NPU3B	 TR3	 TR2
		LTU 15/1							
SPARE									
PFU3B	FAU2	MMU (to 1549_WARU)							
		SPARE							
		MMU 2D (to A688_Jemundo)							

**Gambar 1.6** Rute Site 1801 Sebelum Reroute Pada MLTN

Pada gambar 3.7 ditunjukkan konfigurasi MLTN setelah diubah rute pada site 1801. Setelah diubah rute, site 1801 memiliki rute ke site 1847.

PIU	RTN 950A	7-CSHO								
	FAN	5-ISUZ (To 1847_Gedangan)	6-SPARE							
		3-ISUZ (To 1847_Gedangan)	4-SPARE							
PIU		1-EM5TA	2-SPARE							

**Gambar 1.7** Rute Site 1801 Setelah Reroute Pada MLTN

Pada gambar 3.8 ditunjukkan rute pada Google Maps sebelum dilakukan perubahan rute pada site 1801. Sebelum diubah rute, site 1801 memiliki rute ke site 1549.



**Gambar 1.8** Rute Site 1801 Sebelum Reroute Pada Google Maps

Pada gambar 3.9 ditunjukkan rute pada Google Maps sebelum dilakukan perubahan rute pada site 1801. Setelah diubah rute, site 1801 memiliki rute ke site 1847.



**Gambar 1.9** Rute Site 1801 Setelah Reroute Pada Google Maps

## **1.6 Pengambilan Data Parameter Performansi Setelah Optimasi**

Pengambilan data setelah optimasi digunakan untuk melakukan analisa pengaruh dari optimasi yang diterapkan pada eNodeB suspect optimasi. Sama seperti data sebelum optimasi, data setelah optimasi terdiri dari *Availability*, *Accessibility*, *Interference*, *Retainability*, dan *GTP-U Drop*.



## BAB 4

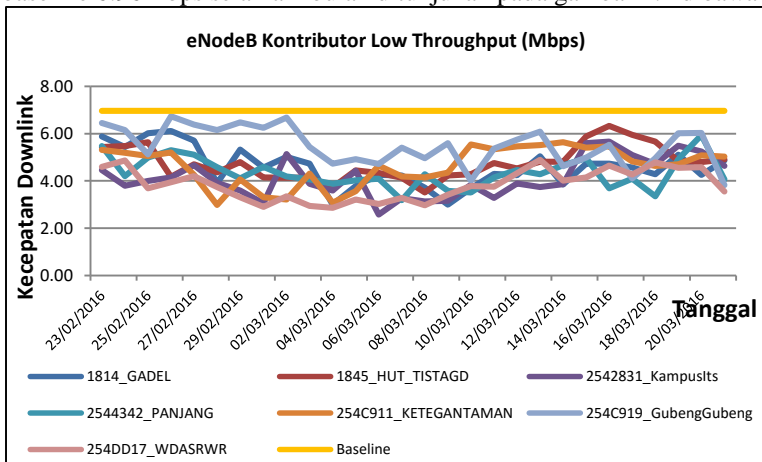
### HASIL DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini akan ditampilkan analisis dari data eNodeB sebelum optimasi dan setelah optimasi. Analisis performansi dari eNodeB yang sudah dioptimasi ditampilkan untuk membandingkan performansi dari eNodeB sebelum optimasi dan sesudah optimasi. Jika data parameter performansi pasca optimasi masih tidak memberikan kenaikan *throughput* atau kenaikan nilai KPI yang sebelumnya ada dibawah baseline maka akan dilakukan analisa lanjutan untuk menentukan penyebab permasalahan yang nantinya akan dijadikan saran optimasi kepada PT. XL Axiata.

Dalam bab ini akan ditampilkan parameter performansi dari 1 eNodeB yang dioptimasi. Kemudian dari data – data yang diperoleh tersebut akan ditampilkan baik dalam bentuk grafik maupun tabel dan digunakan sebagai dasar untuk penarikan kesimpulan.

#### 2.1 Hasil Penentuan eNodeB Suspect Optimasi

Grafik hasil dari *User Downlink Average Throughput* dengan baseline 6.96Mbps selama 1 bulan ditunjukan pada gambar 4.1 dibawah.



Gambar 2.1 Grafik *User Downlink Average Throughput*

- Hasil Speedtest 7 eNodeB Low Throughput

Hasil speedtest dari 7 eNodeB dengan nilai *throughput* selalu dibawah baseline ada pada grafik dibawah:

eNodeB : 254C919\_GubengGubeng

eNB ID : 540176\_4

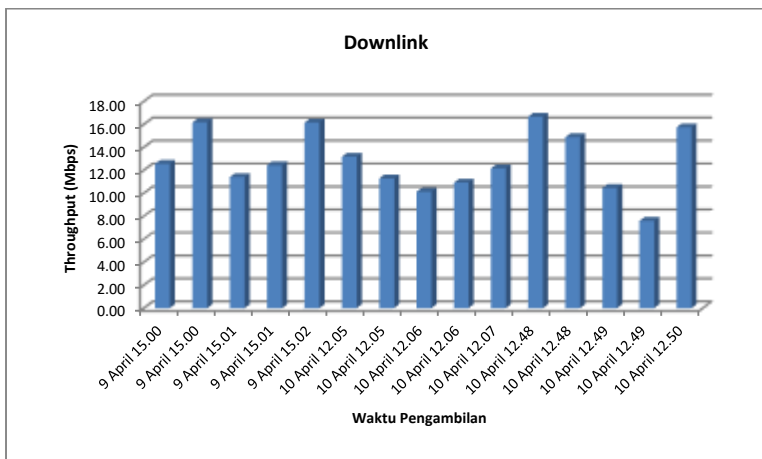
RSRP : -80 dBm

RSRQ : -5 dB

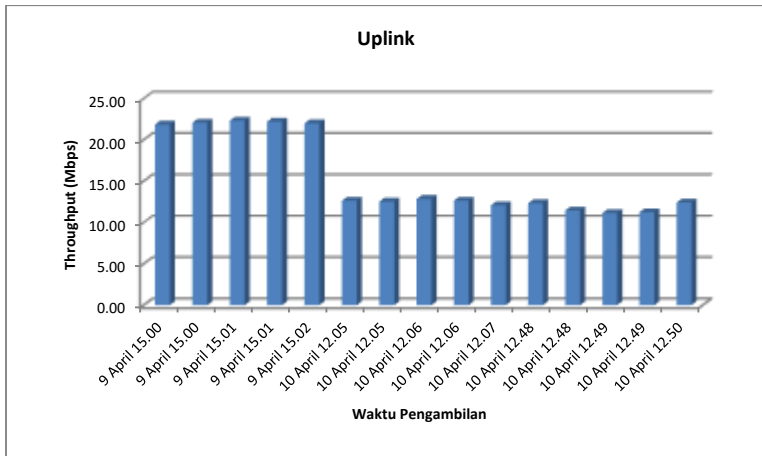
Jumlah User :

Waktu Pengambilan 9 April 15.00 = 7

Waktu Pengambilan 10 April 12.00 = 11



**Gambar 2.2** Speedtest DL 254C919\_GubengGubeng eNB ID 540176\_4



**Gambar 2.3** Speedtest UL 254C919\_GubengGubeng eNB ID 540176\_4

Pada eNB ID 540176\_4 dengan nilai RSRP -80 dBm dan RSRQ -5 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 15Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 254C919\_GubengGubeng

eNB ID : 540176\_5

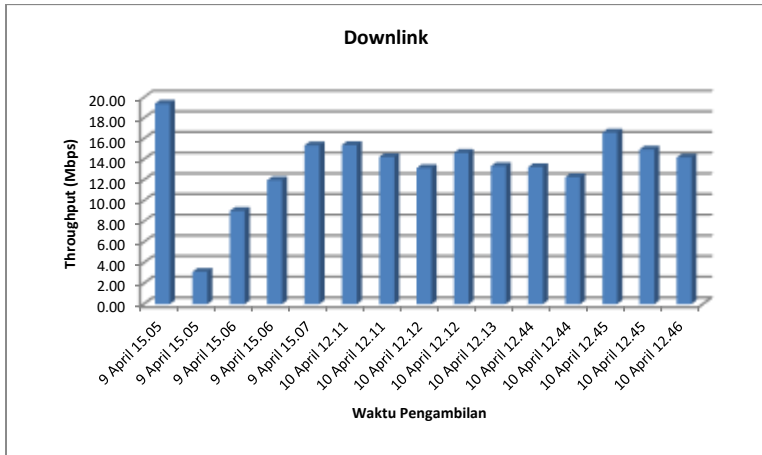
RSRP : -83 dBm

RSRQ : -5 dB

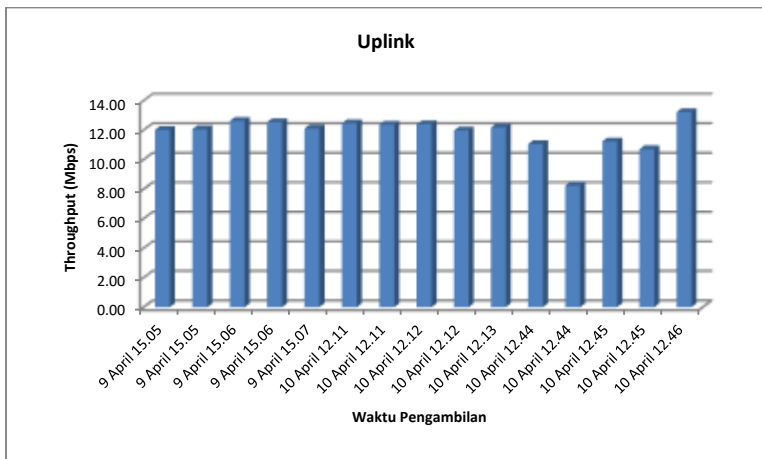
Jumlah User :

Waktu Pengambilan 9 April 15.00 = 10

Waktu Pengambilan 10 April 12.00 = 9



**Gambar 2.4** Speedtest DL 254C919\_GubengGubeng eNB ID 540176\_5



**Gambar 2.5** Speedtest UL 254C919\_GubengGubeng eNB ID 540176\_5

Pada eNB ID 540176\_5 dengan nilai RSRP -83 dBm dan RSRQ -5 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 15Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 10Mbps.

eNodeB 254C919\_GubengGubeng terletak di Kecamatan Gubeng, Kota Surabaya yang tergolong pada daerah urban yang padat penduduk dalam bentuk bisnis dan memiliki banyak gedung tinggi.

eNodeB : 2544342\_PANJANG

eNB ID : 540076\_4

RSRP : -85 dBm

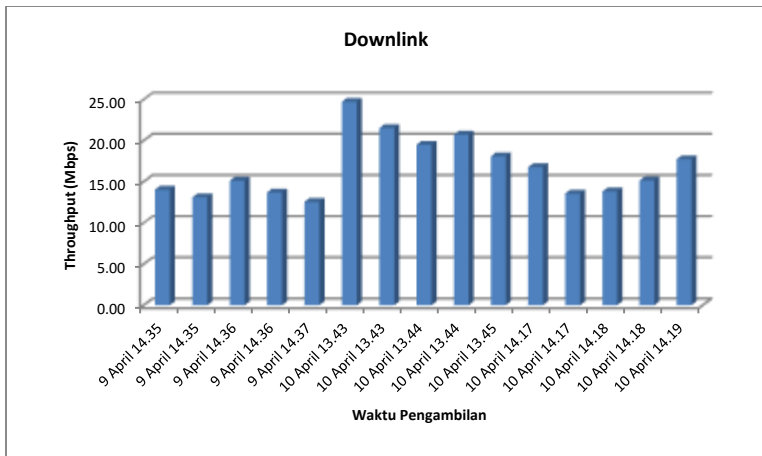
RSRQ : -6 dB

Jumlah User :

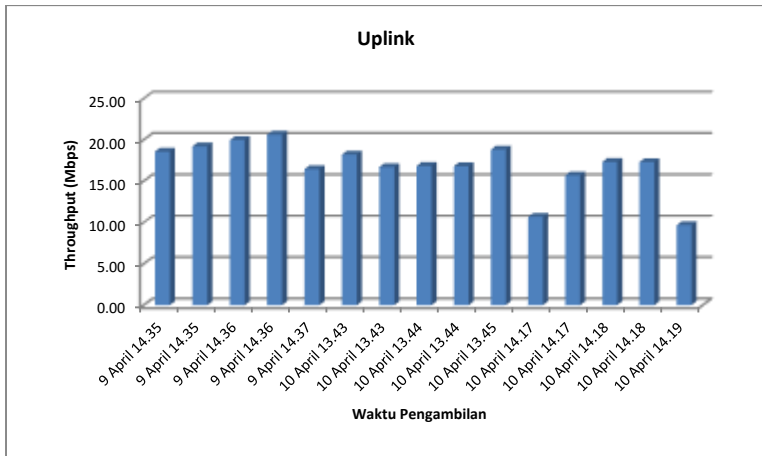
Waktu Pengambilan 9 April 14.00 = 16

Waktu Pengambilan 10 April 13.00 = 15

Waktu Pengambilan 10 April 14.00 = 14



**Gambar 2.6** Speedtest DL 2544342\_PANJANG eNB ID 540076\_4



**Gambar 2.7** Speedtest UL 2544342\_PANJANG eNB ID 540076\_4

Pada eNB ID 540076\_4 dengan nilai RSRP -85 dBm dan RSRQ -6 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 20Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 2544342\_PANJANG

eNB ID : 540076\_5

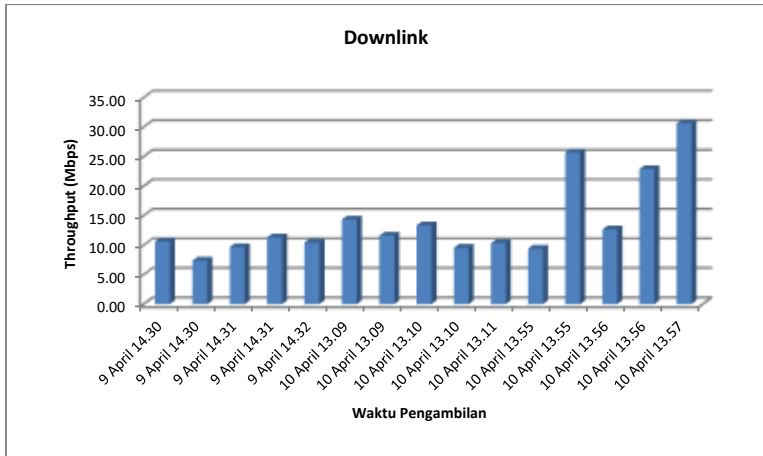
RSRP : -81 dBm

RSRQ : -6 dB

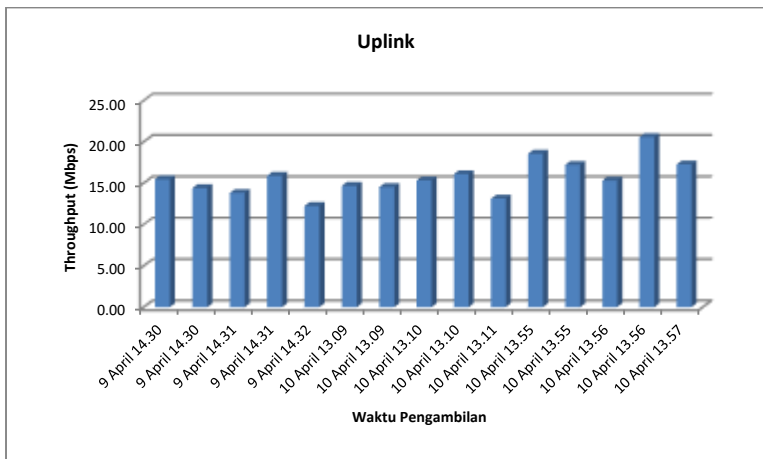
Jumlah User :

Waktu Pengambilan 9 April 14.00 = 7

Waktu Pengambilan 10 April 13.00 = 6



**Gambar 2.8** Speedtest DL 2544342\_PANJANG eNB ID 540076\_5



**Gambar 2.9** Speedtest UL 2544342\_PANJANG eNB ID 540076\_5

Pada eNB ID 540076\_5 dengan nilai RSRP -81 dBm dan RSRQ -6 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 30Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 2544342\_PANJANG

eNB ID : 540076\_6

RSRP : -84 dBm

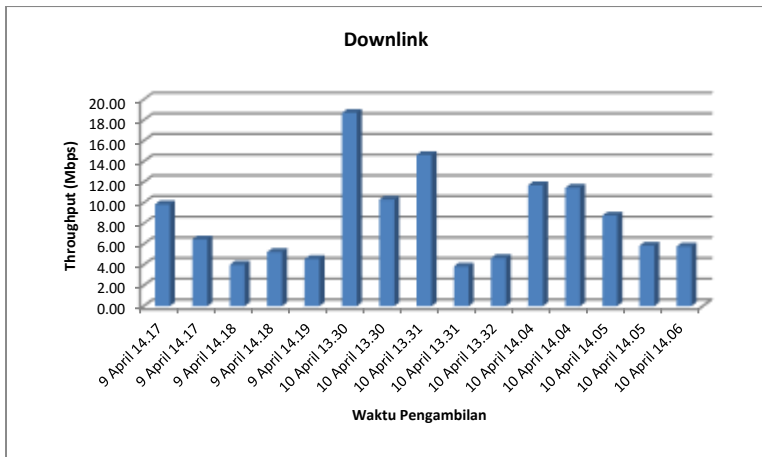
RSRQ : -7 dB

Jumlah User :

Waktu Pengambilan 9 April 14.00 = 17

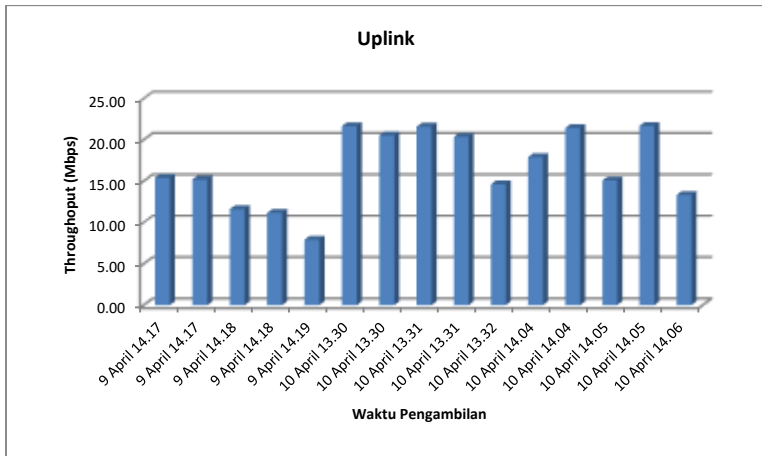
Waktu Pengambilan 10 April 13.00 = 13

Waktu Pengambilan 10 April 14.00 = 12



**Gambar 2.10** Speedtest DL 2544342\_PANJANG eNB ID 540076\_6





**Gambar 2.11** Speedtest UL 2544342\_PANJANG eNB ID 540076\_6

Pada eNB ID 540076\_6 dengan nilai RSRP -84 dBm dan RSRQ -7 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 15Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB 2544342\_PANJANG terletak di Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya yang tergolong pada daerah urban yang padat penduduk baik dalam bentuk perumahan maupun pabrik.

eNodeB : 2542831\_KampusIts

eNB ID : 540163\_4

RSRP : -75 dBm

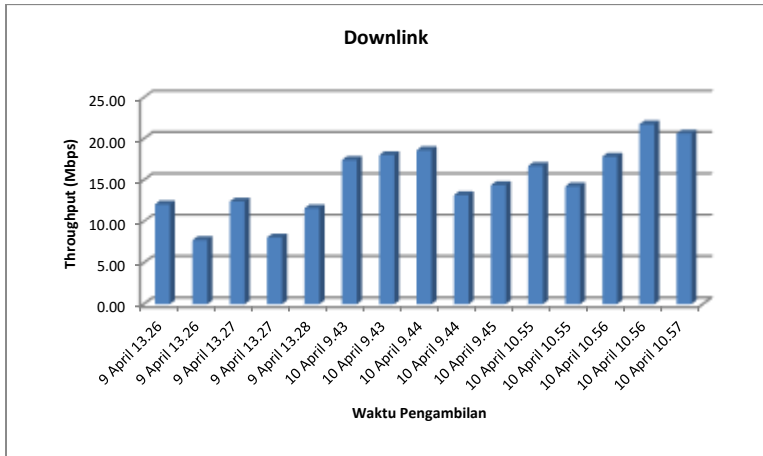
RSRQ : -4 dB

Jumlah User :

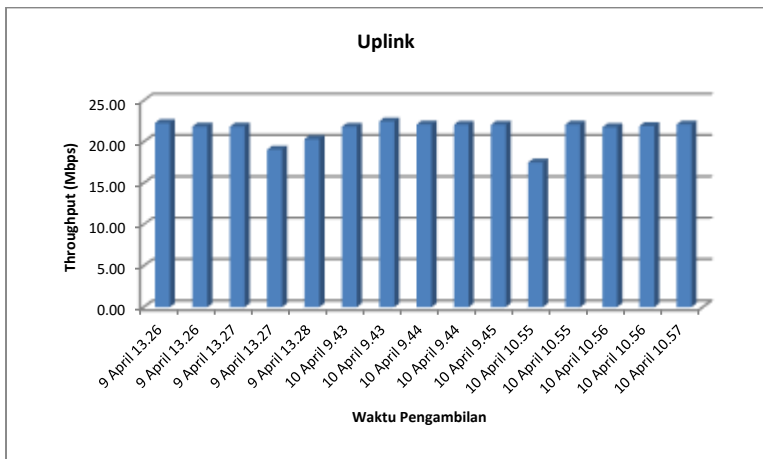
Waktu Pengambilan 9 April 13.00 = 4

Waktu Pengambilan 10 April 9.00 = 1

Waktu Pengambilan 10 April 10.00 = 2



**Gambar 2.12** Speedtest DL 2542831\_KampusIts eNB ID 540163\_4



**Gambar 2.13** Speedtest UL 2542831\_KampusIts eNB ID 540163\_4

Pada eNB ID 540163\_4 dengan nilai RSRP -75 dBm dan RSRQ -4 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 20Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 2542831\_KampusIts

eNB ID : 540163\_5

RSRP : -80 dBm

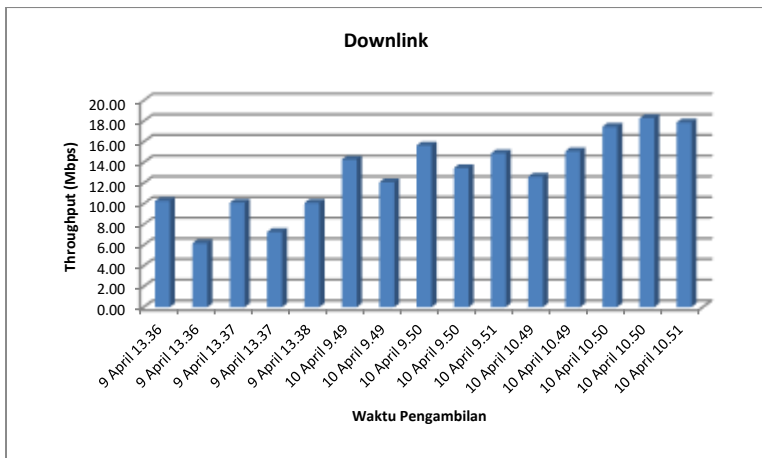
RSRQ : -5 dB

Jumlah User :

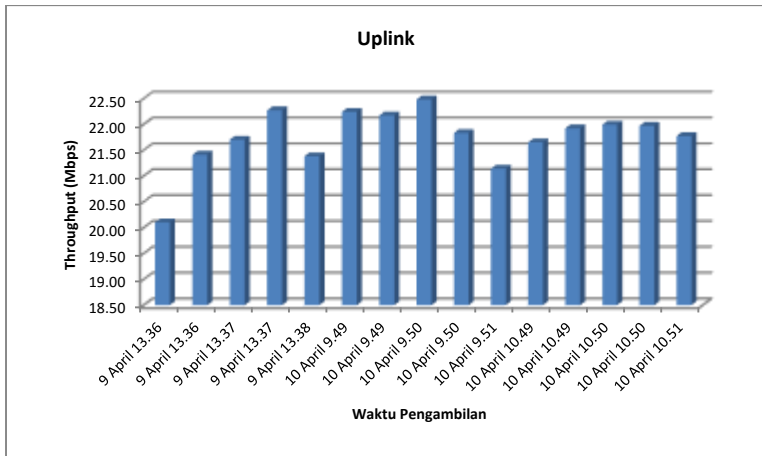
Waktu Pengambilan 9 April 13.00 = 9

Waktu Pengambilan 10 April 9.00 = 8

Waktu Pengambilan 10 April 10.00 = 11



**Gambar 2.14** Speedtest DL 2542831\_KampusIts eNB ID 540163\_5



**Gambar 2.15** Speedtest UL 2542831\_KampusIts eNB ID 540163\_5

Pada eNB ID 540163\_5 dengan nilai RSRP -80 dBm dan RSRQ -5 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 15Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 2542831\_KampusIts

eNB ID : 540163\_6

RSRP : -74 dBm

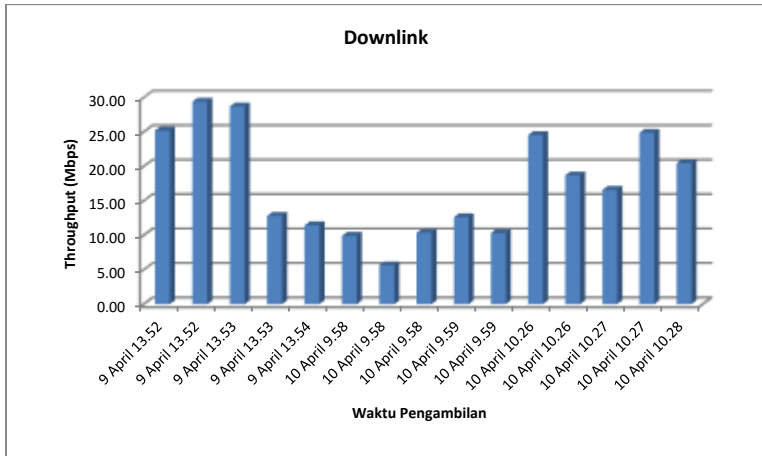
RSRQ : -7 dB

Jumlah User :

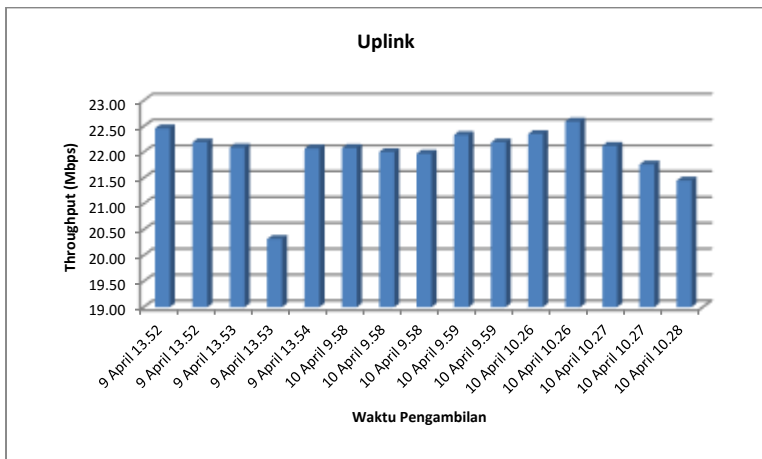
Waktu Pengambilan 9 April 13.00 = 3

Waktu Pengambilan 10 April 9.00 = 2

Waktu Pengambilan 10 April 10.00 = 2



**Gambar 2.16** Speedtest DL 2542831\_KampusIts eNB ID 540163\_6



**Gambar 2.17** Speedtest UL 2542831\_KampusIts eNB ID 540163\_6

Pada eNB ID 540163\_6 dengan nilai RSRP -74 dBm dan RSRQ -7 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 25Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps

eNodeB 2542831\_KampusIts terletak di Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya yang tergolong pada daerah urban yang padat penduduk baik dalam bentuk perumahan maupun perguruan tinggi.

eNodeB : 1814\_GADEL

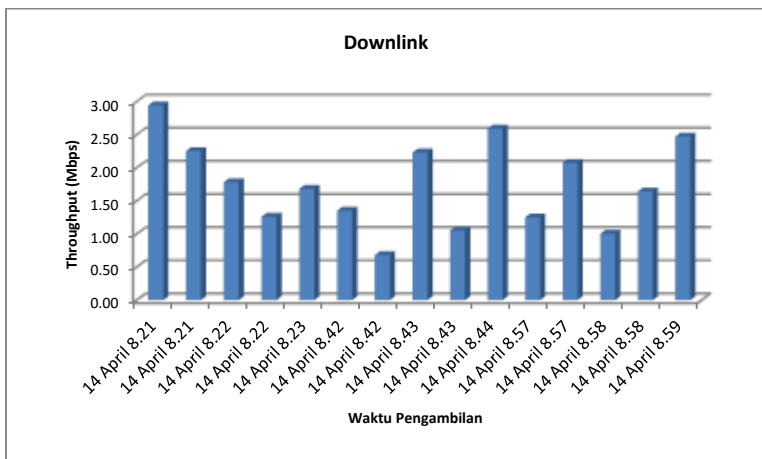
eNB ID : 540053\_4

RSRP : -66 dBm

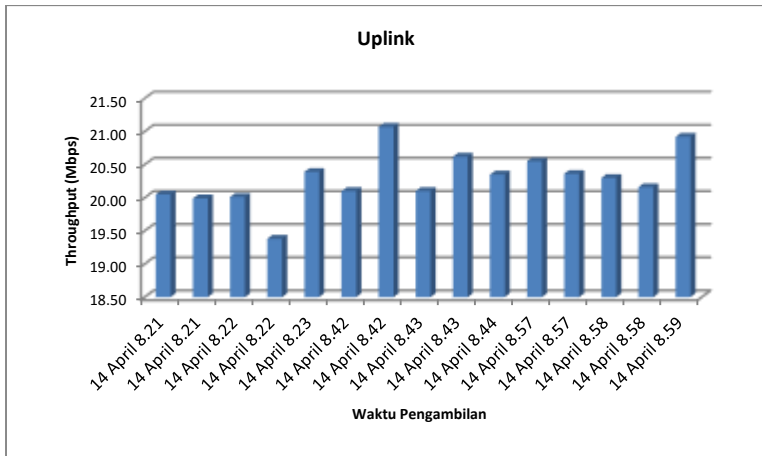
RSRQ : -8 dB

Jumlah User :

Waktu Pengambilan 14 April 8.00 = 7



**Gambar 2.18** Speedtest DL 1814\_GADEL eNB ID 540053\_4



**Gambar 2.19** Speedtest UL 1814\_GADEL eNB ID 540053\_4

Pada eNB ID 540053\_4 dengan nilai RSRP -66 dBm dan RSRQ -8 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 2Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 1814\_GADEL

eNB ID : 540053\_5

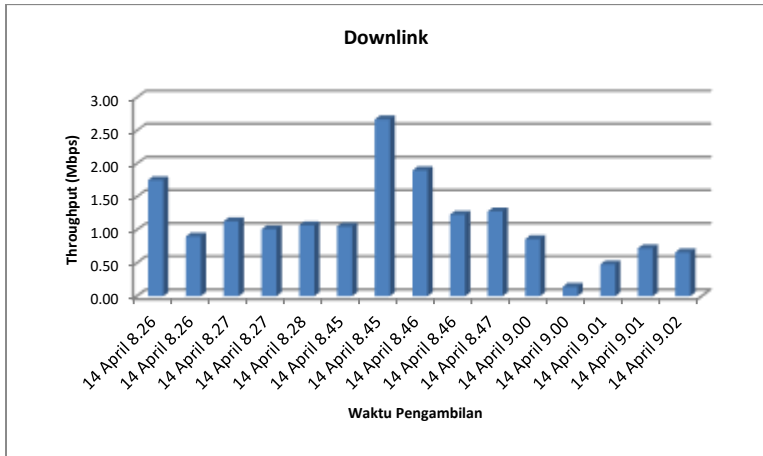
RSRP : -64 dBm

RSRQ : -8 dB

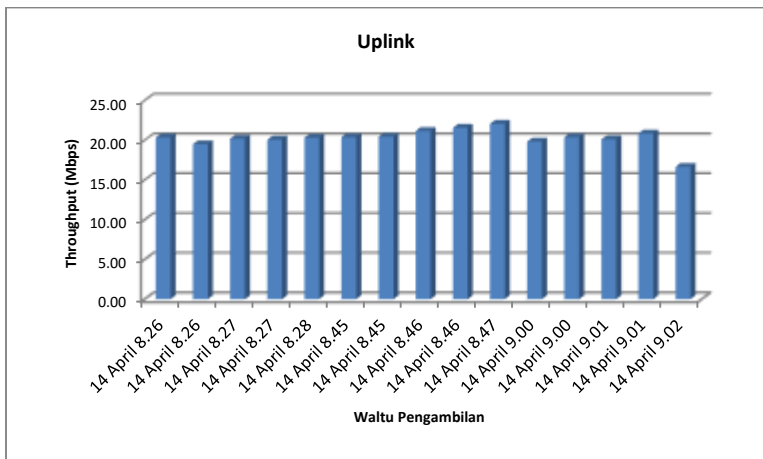
Jumlah User :

Waktu Pengambilan 14 April 8.00 = 26

Waktu Pengambilan 14 April 8.00 = 25



**Gambar 2.20** Speedtest DL 1814\_GADEL eNB ID 540053\_5



**Gambar 2.21** Speedtest UL 1814\_GADEL eNB ID 540053\_5

Pada eNB ID 540053\_5 dengan nilai RSRP -64 dBm dan RSRQ -8 dBkemampuan maksimal downlink adalah sekitar 2Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.



eNodeB : 1814\_GADEL

eNB ID : 540053\_6

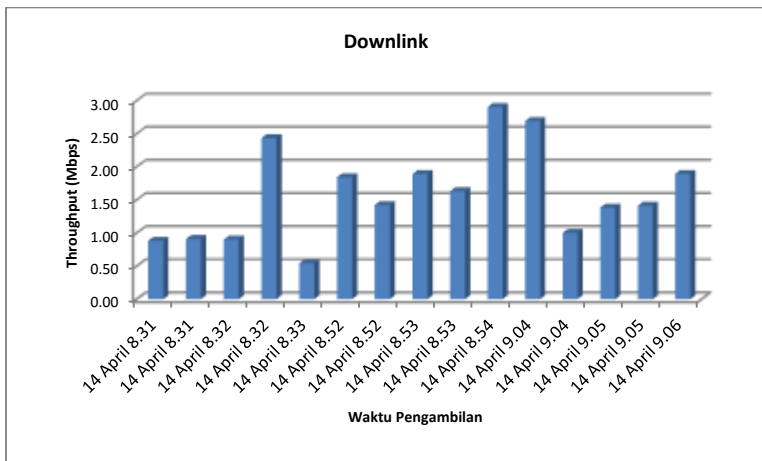
RSRP : -66 dBm

RSRQ : -9 dB

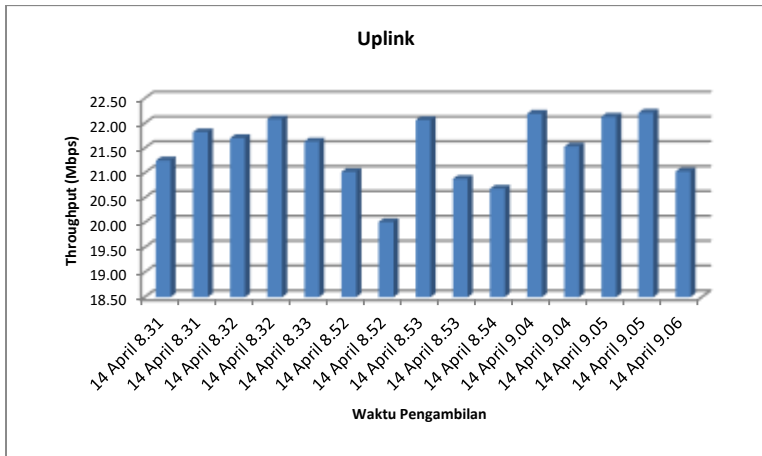
Jumlah User :

Waktu Pengambilan 14 April 8.00 = 26

Waktu Pengambilan 14 April 9.00 = 30



**Gambar 2.22** Speedtest DL 1814\_GADEL eNB ID 540053\_6



**Gambar 2.23** Speedtest UL 1814\_GADEL eNB ID 540053\_6

Pada eNB ID 540053\_6 dengan nilai RSRP -66 dBm dan RSRQ -9 dBm kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 2Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps

eNodeB 1814\_GADEL terletak di Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya yang tergolong pada daerah suburban yang tidak padat penduduk dan terletak pada daerah perbukitan.

eNodeB : 254DD17\_WADUNG ASRI WARU

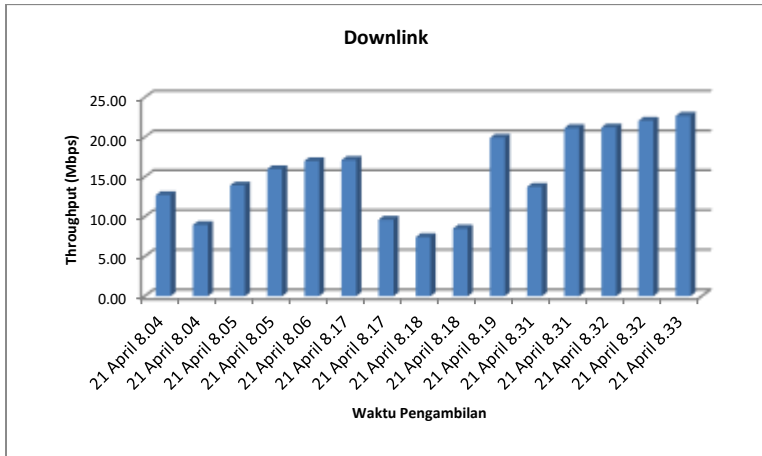
eNB ID : 540108\_4

RSRP : -71 dBm

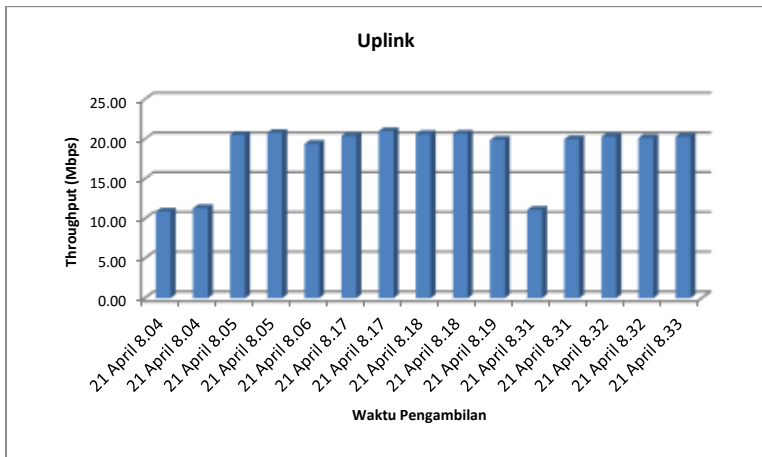
RSRQ : -6 dB

Jumlah User :

Waktu Pengambilan 21 April 8.00 = 30



**Gambar 2.24** Speedtest DL 254DD17\_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108\_4



**Gambar 2.25** Speedtest UL 254DD17\_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108\_4

Pada eNB ID 540108\_4 dengan nilai RSRP -71 dBm dan RSRQ -6 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 20Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 254DD17\_WADUNG ASRI WARU

eNB ID : 540108\_5

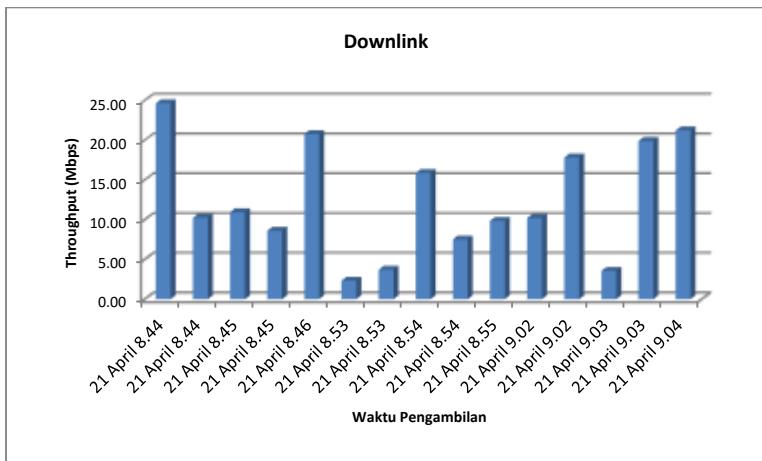
RSRP : -76 dBm

RSRQ : -11 dB

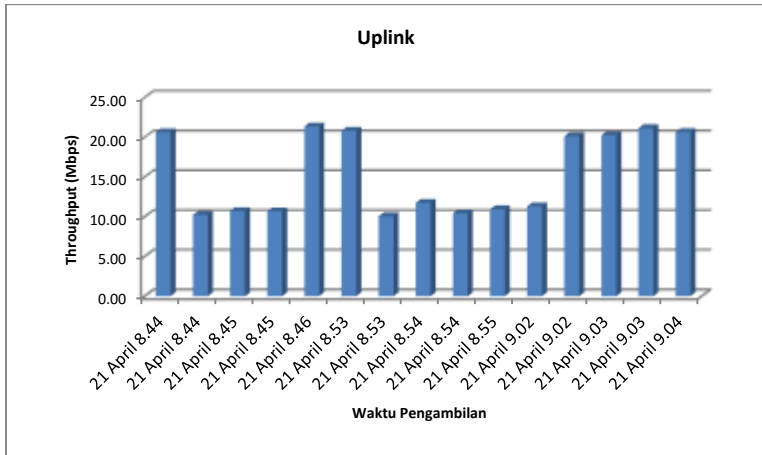
Jumlah User :

Waktu Pengambilan 21 April 8.00 = 25

Waktu Pengambilan 21 April 9.00 = 25



**Gambar 2.26** Speedtest DL 254DD17\_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108\_5



**Gambar 2.27** Speedtest UL 254DD17\_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108\_5

Pada eNB ID 540108\_5 dengan nilai RSRP -76 dBm dan RSRQ -11 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 20Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 254DD17\_WADUNG ASRI WARU

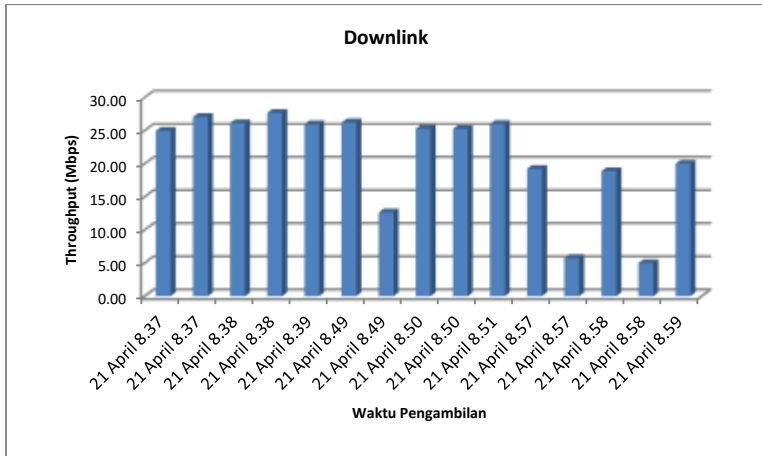
eNB ID : 540108\_6

RSRP : -71 dBm

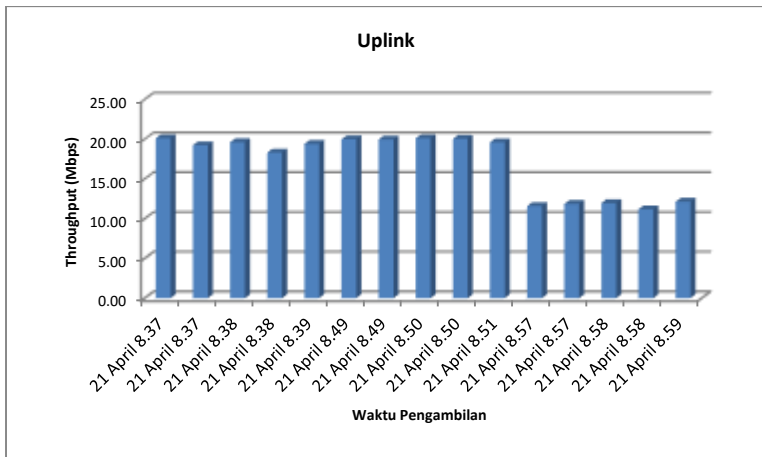
RSRQ : -5 dB

Jumlah User :

Waktu Pengambi



**Gambar 2.28** Speedtest DL 254DD17\_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108\_6



**Gambar 2.29** Speedtest UL 254DD17\_WADUNG ASRI WARU eNB ID 540108\_6

Pada eNB ID 540108\_6 dengan nilai RSRP -71 dBm dan RSRQ -5 dBm kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 25Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB 254DD17\_WADUNG ASRI WARU terletak di Kecamatan Waru, Kota Sidoarjo yang tergolong pada daerah urban yang padat penduduk dan pusat bisnis.

eNodeB : 1845\_TISTA GEDE

eNB ID : 540222\_4

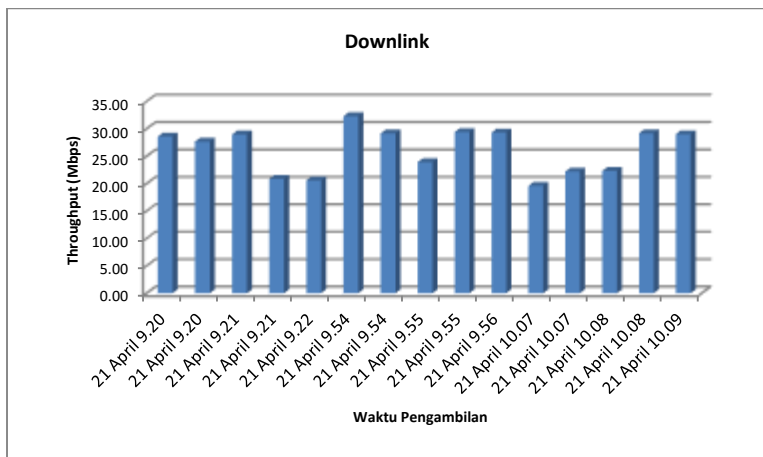
RSRP : -71 dBm

RSRQ : -5 dB

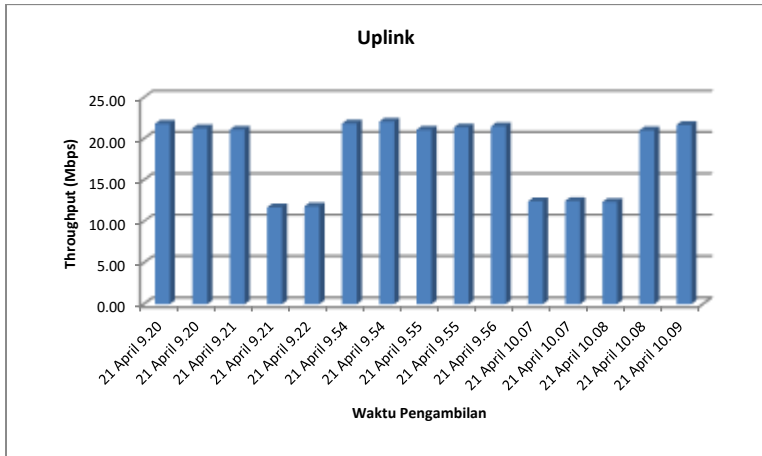
Jumlah User :

Waktu Pengambilan 21 April 9.00 = 15

Waktu Pengambilan 21 April 10.00 = 16



**Gambar 2.30** Speedtest DL 1845\_TISTA GEDE eNB ID 540222\_4



**Gambar 2.31** Speedtest UL 1845\_TISTA GEDE eNB ID 540222\_4

Pada eNB ID 540222\_4 dengan nilai RSRP -71 dBm dan RSRQ -4 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 30Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 1845\_TISTA GEDE

eNB ID : 540222\_5

RSRP : -59 dBm

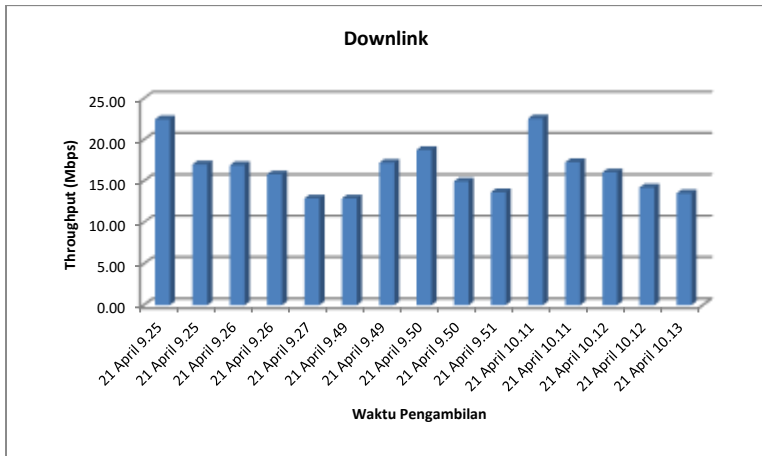
RSRQ : -6 dB

Jumlah User :

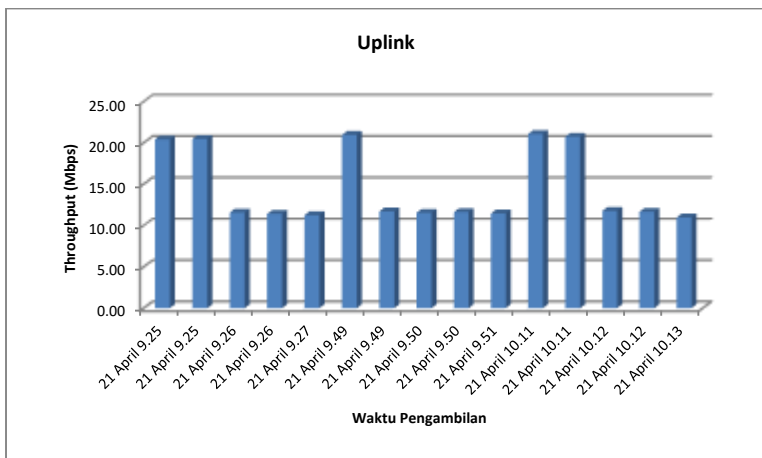
Waktu Pengambilan 21 April 9.00 = 24

Waktu Pengambilan 21 April 10.00 = 26





**Gambar 2.32** Speedtest DL 1845\_TISTA GEDE eNB ID 540222\_5



**Gambar 2.33** Speedtest UL 1845\_TISTA GEDE eNB ID 540222\_5

Pada eNB ID 540222\_5 dengan nilai RSRP -59 dBm dan RSRQ -6 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 20Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 1845\_TISTA GEDE

eNB ID : 540222\_6

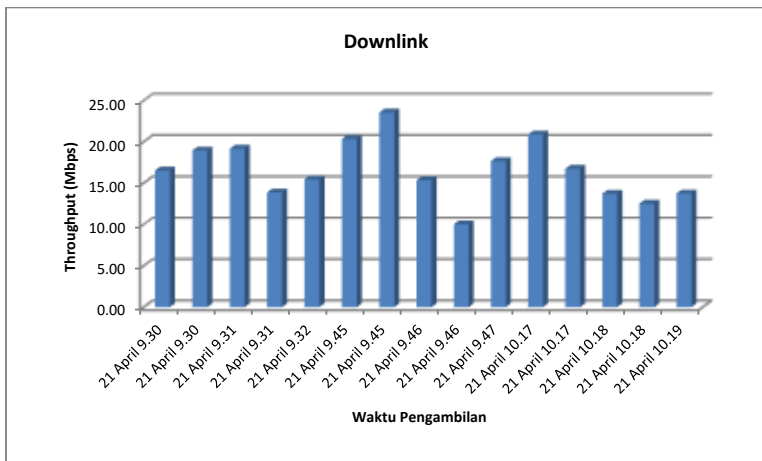
RSRP : -58 dBm

RSRQ : -6 dB

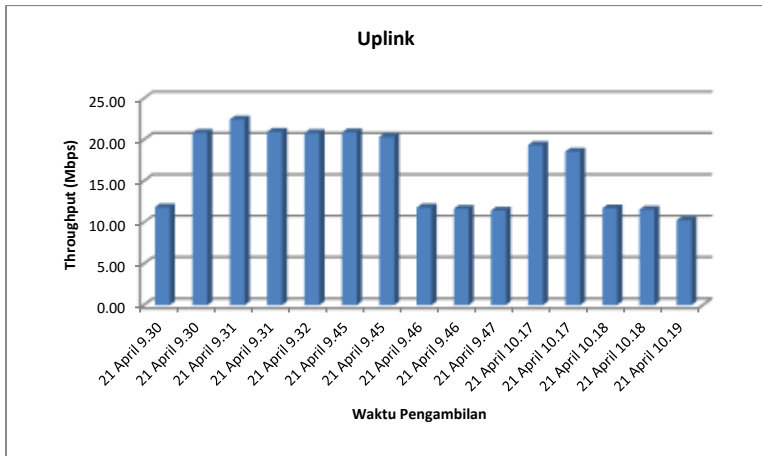
Jumlah User :

Waktu Pengambilan 21 April 9.00 = 17

Waktu Pengambilan 21 April 10.00 = 14



**Gambar 2.34** Speedtest DL 1845\_TISTA GEDE eNB ID 540222\_6



**Gambar 2.35** Speedtest UL 1845\_TISTA GEDE eNB ID 540222\_6

Pada eNB ID 540222\_6 dengan nilai RSRP -58 dBm dan RSRQ -6 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 20Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB 1845\_TISTA GEDE terletak di Kecamatan Waru, Kota Sidoarjo yang tergolong pada daerah urban yang padat penduduk dan pusat bisnis.

eNodeB : 254C911 KETEGAN TAMAN

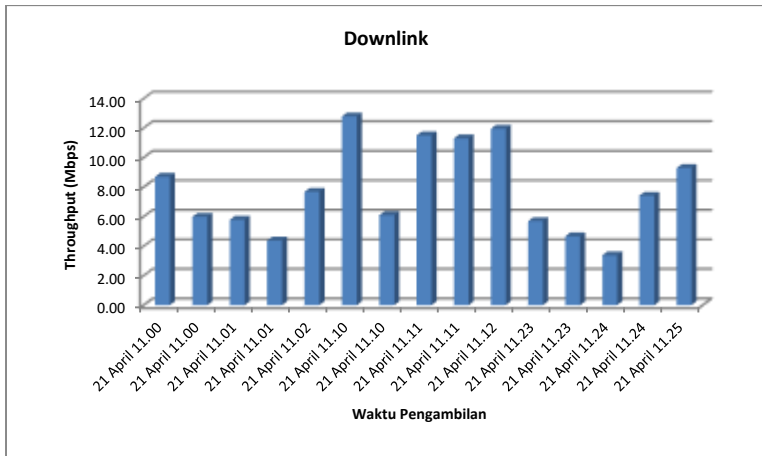
eNB ID : 540100\_4

RSRP : -71 dBm

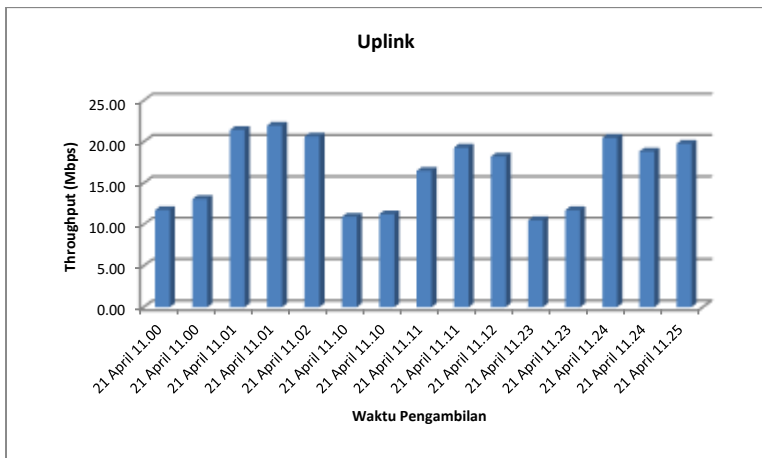
RSRQ : -11 dB

Jumlah User :

Waktu Pengambilan 21 April 11.00 = 18



**Gambar 2.36** Speedtest DL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100\_4



**Gambar 2.37** Speedtest UL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100\_4

Pada eNB ID 540100\_4 dengan nilai RSRP -71 dBm dan RSRQ -11 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 10Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 254C911 KETEGAN TAMAN

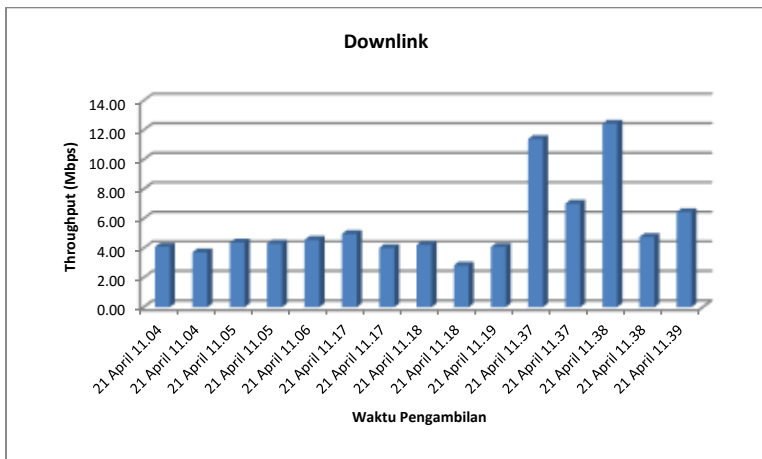
eNB ID : 540100\_5

RSRP : -66 dBm

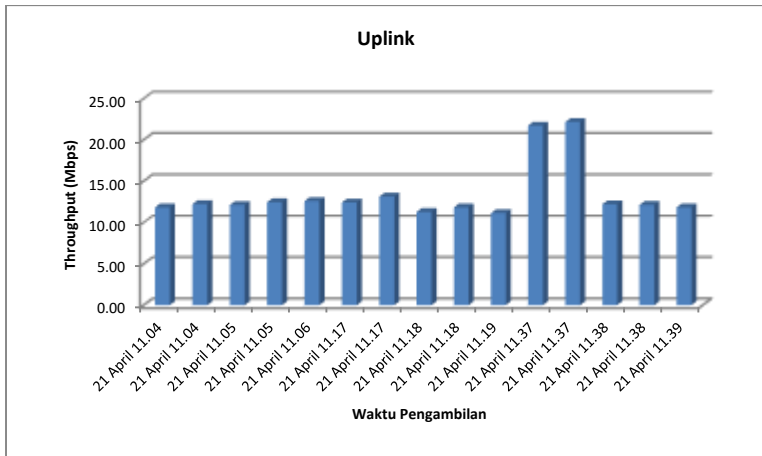
RSRQ : -6 dB

Jumlah User :

Waktu Pengambilan 21 April 11.00 = 12



**Gambar 2.38** Speedtest DL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100\_5



**Gambar 2.39** Speedtest UL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100\_5

Pada eNB ID 540100\_5 dengan nilai RSRP -66 dBm dan RSRQ -6 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 10Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB : 254C911 KETEGAN TAMAN

eNB ID : 540100\_6

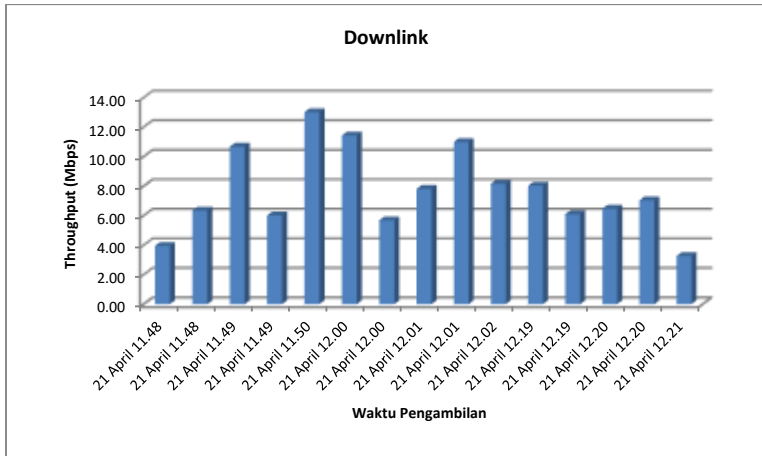
RSRP : -76 dBm

RSRQ : -5 dB

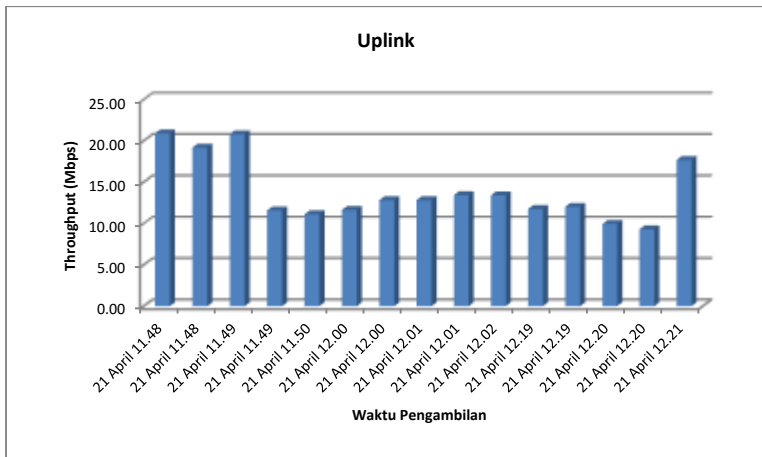
Jumlah User :

Waktu Pengambilan 21 April 11.00 = 12

lan 21 April 8.00 = 23



**Gambar 2.40** Speedtest DL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100\_6



**Gambar 2.41** Speedtest UL 254C911 KETEGAN TAMAN eNB ID 540100\_6

Pada eNB ID 540100\_6 dengan nilai RSRP -76 dBm dan RSRQ -5 dB kemampuan maksimal downlink adalah sekitar 10Mbps dan kemampuan maksimal uplink adalah sekitar 20Mbps.

eNodeB 254C911 KETEGAN TAMAN terletak di Kecamatan Taman, Kota Sidoarjo yang tergolong pada daerah suburban yang tidak padat penduduk.

## 2.2 Parameter Performansi Speedtest eNodeB Suspect Optimasi Sebelum dan Setelah Optimasi

Salah satu tujuan implementasi optimasi kualitas resource adalah untuk menaikkan performansi dari throughput eNodeB. Pada sub bab 4.1 telah ditentukan 1 eNodeB suspect yang akan dilakukan optimasi. Pada bab ini akan dianalisis pengaruh dari optimasi terhadap throughput dari eNodeB yang dioptimasi.

Pada bab ini akan ditunjukkan nilai throughput DL maupun UL terbaik yang berhasil diambil sebelum optimasi dan nilai throughput DL maupun UL terbaik yang berhasil diambil setelah optimasi pada setiap cell dari eNodeB.

### 2.2.1 eNodeB KeteganTaman

Pada tabel 4.1 dtunjukkan nilai speedtest throughput eNodeB KeteganTaman cell ID 4 sebelum optimasi selama tes pertama, tes kedua, dan tes ketiga. Pada tabel 4.1 dapat disimpulkan jika kemampuan maksimum speedtest DL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 4 sbelum optimasi adalah 12,78Mbps, dan kemampuan maksimum speedtest UL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 4 sebelum optimasi adalah 21,95Mbps.

**Tabel 2.1** Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 4 Sebelum Optimasi

Cell ID 4 (Mbps)					
Tes 1		Tes2		Tes3	
DL	UL	DL	UL	DL	UL
8,69	11,74	12,78	10,92	5,69	10,51
5,98	13,08	6,09	11,23	4,66	11,72
5,78	21,42	11,50	16,47	3,37	20,47
4,37	21,95	11,29	19,29	7,41	18,82
7,68	20,64	11,95	18,21	9,29	19,76

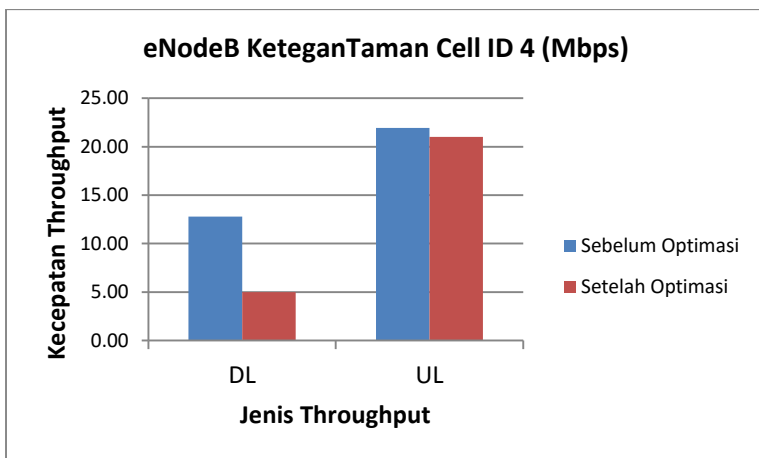


Pada tabel 4.2 dtunjukkan niai speedtest throughput eNodeB KeteganTaman cell ID 4 setelah optimasi selama tes pertama, tes kedua, dan tes ketiga. Pada tabel 4.2 dapat disimpulkan jika kemampuan maksimum speedtest DL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 4 setelah optimasi adalah 4,98Mbps, dan kemampuan maksimum speedtest UL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 4 setelah optimasi adalah 21,01Mbps.

**Tabel 2.2** Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 4 Setelah Optimasi

Cell ID 4 (Mbps)					
Tes 1		Tes2		Tes3	
DL	UL	DL	UL	DL	UL
3,62	20,40	3,65	10,79	3,38	20,48
3,08	17,36	4,98	20,68	2,81	10,91
4,31	19,96	3,89	11,24	3,54	11,12
2,86	10,88	4,64	11,44	4,86	20,21
3,52	11,32	3,76	9,90	3,47	21,01

Pada gambar 4.1 didapat bahwa nilai maksimum DL throughput dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 mengalami penurunan dari 12,78Mbps menjadi 4,98Mbps. Nilai maksimum UL throughput dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 mengalami penurunan dari 21,95Mbps menjadi 21,01Mbps.



**Gambar 2.42** Performansi Maksimum Speedtest eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

Pada tabel 4.3 dtunjukan nilai speedtest throughput eNodeB KeteganTaman cell ID 5 sebelum optimasi selama tes pertama, tes kedua, dan tes ketiga. Pada tabel 4.3 dapat disimpulkan jika kemampuan maksimum speedtest DL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 5 sebelum optimasi adalah 12,42Mbps, dan kemampuan maksimum speedtest UL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 5 sebelum optimasi adalah 22,15Mbps

**Tabel 2.3** Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 5 Sebelum Optimasi

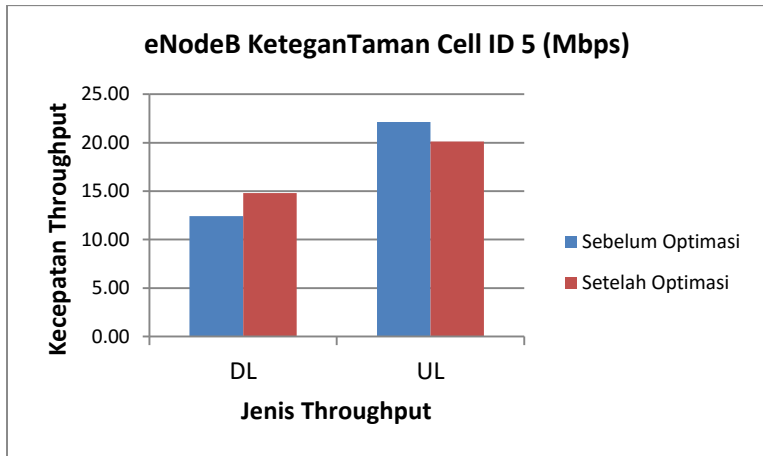
Cell ID 5 (Mbps)					
Tes 1		Tes2		Tes3	
DL	UL	DL	UL	DL	UL
4,09	11,81	4,95	12,41	11,39	21,70
3,71	12,23	4,01	13,12	7,01	22,15
4,37	12,11	4,21	11,27	12,42	12,20
4,30	12,45	2,82	11,82	4,75	12,12
4,56	12,59	4,07	11,13	6,44	11,82

Pada tabel 4.4 dtunjukan nilai speedtest throughput eNodeB KeteganTaman cell ID 5 setelah optimasi selama tes pertama, tes kedua, dan tes ketiga. Pada tabel 4.4 dapat disimpulkan jika kemampuan maksimum speedtest DL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 5 adalah 14,81Mbps, dan kemampuan maksimum speedtest UL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 5 setelah optimasi adalah 20,13Mbps

**Tabel 2.4** Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 5 Setelah Optimasi

Cell ID 5 (Mbps)					
Tes 1		Tes2		Tes3	
DL	UL	DL	UL	DL	UL
11,93	20,13	5,54	10,90	5,24	9,53
11,56	20,12	3,96	11,15	4,58	9,98
14,81	20,20	3,61	11,62	2,86	11,29
6,65	19,68	5,57	11,04	2,30	11,31
7,53	20,09	3,78	10,94	2,32	11,38

Pada gambar 4.2 didapat bahwa nilai DL throughput dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 mengalami kenaikan dari 12,42Mbps menjadi 14,81Mbps. Nilai UL throughput dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 mengalami penurunan dari 22,15Mbps menjadi 20,13Mbps.



**Gambar 2.43** Performansi Speedtest eNodeB KeteganTaman Cell ID 5

Pada tabel 4.5 dtunjukan nilai speedtest throughput eNodeB KeteganTaman cell ID 6 sebelum optimasi selama tes pertama, tes kedua, dan tes ketiga. Pada tabel 4.5 dapat disimpulkan jika kemampuan maksimum speedtest DL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 6 sebelum optimasi adalah 13,00Mbps, dan kemampuan maksimum speedtest UL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 6 sebelum optimasi adalah 20,89Mbps

**Tabel 2.5** Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 6 Sebelum Optimasi

Cell ID 6 (Mbps)					
Tes 1		Tes2		Tes3	
DL	UL	DL	UL	DL	UL
8,02	11,75	11,42	11,63	3,94	20,89

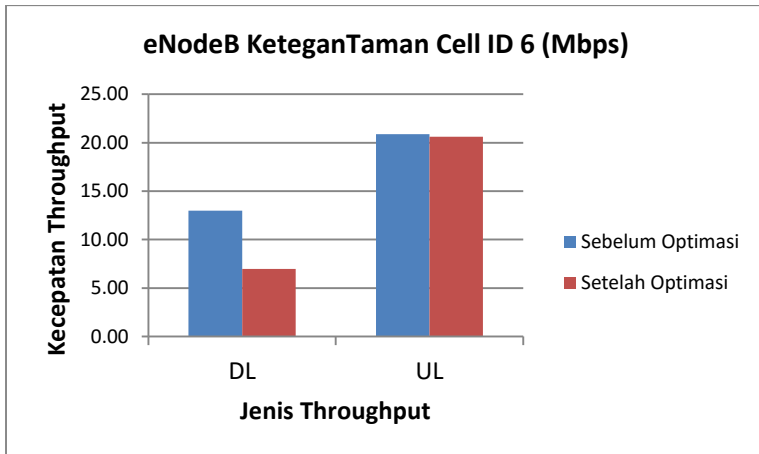
6,09	12,02	5,67	12,82	6,34	19,17
6,46	9,94	7,81	12,82	10,66	20,78
7,03	9,29	10,98	13,42	6,01	11,58
3,26	17,68	8,15	13,39	13,00	11,12

Pada tabel 4.6 dtunjukan nilai speedtest throughput eNodeB KeteganTaman cell ID 6 setelah optimasi selama tes pertama, tes kedua, dan tes ketiga. Pada tabel 4.6 dapat disimpulkan jika kemampuan maksimum speedtest DL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 6 adalah 6,97Mbps, dan kemampuan maksimum speedtest UL throughput pada eNodeB KeteganTaman cell ID 6 setelah optimasi adalah 20,63Mbps

**Tabel 2.6** Nilai Speedtest Throughput eNodeB Ketegan Taman Cell ID 6 Setelah Optimasi

Cell ID 4 (Mbps)					
Tes 1		Tes2		Tes3	
DL	UL	DL	UL	DL	UL
6,97	11,59	5,50	12,43	4,92	10,78
4,72	8,13	5,63	20,63	7,71	11,67
7,20	9,80	3,36	9,97	3,95	10,90
6,71	17,64	3,23	11,51	4,02	11,08
9,90	18,22	2,69	10,29	3,08	11,20

Pada gambar 4.3 didapat bahwa nilai DL throughput dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 6 mengalami penurunan dari 13,00Mbps menjadi 6,97Mbps. Nilai UL throughput dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 6 mengalami penurunan dari 20,89Mbps menjadi 20,63Mbps.



**Gambar 2.44** Performansi Speedtest eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Dari gambar 4.1, gambar 4.2, dan gambar 4.3, didapatkan rata rata nilai performansi speedtest DL dari eNodeB KeteganTaman mengalami penurunan sebesar 3,81Mbps dan rata rata nilai performansi speedtest UL dari eNodeB KeteganTaman mengalami penurunan sebesar 1,07Mbps.

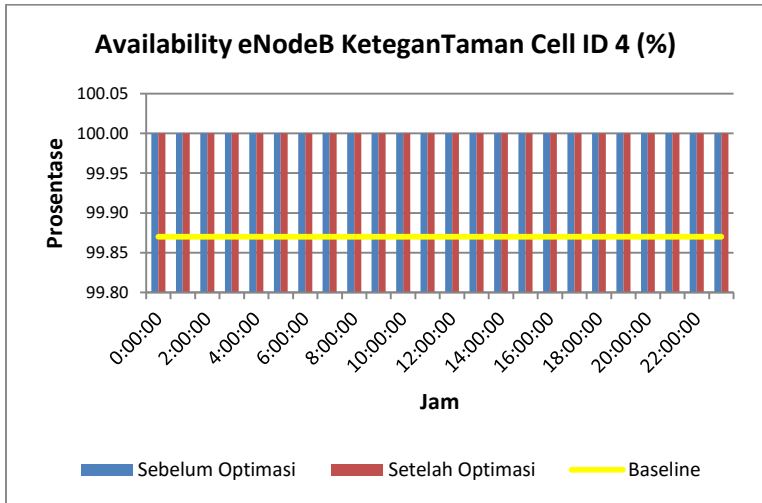
Optimasi reroute pada transmisi menurunkan nilai speedtest throughput pada eNodeB KeteganTaman. Nilai speedtest throughput pada eNodeB KeteganTaman seharusnya mengalami kenaikan karena pada link transmisi sudah tidak ditemukan bottleneck dan parameter performansi KPI air-interface tidak mengalami permasalahan. Analisa lebih lanjut pada sisi kualitas transmisi perlu dilakukan untuk mencari akar permasalahan yang menyebabkan nilai throughput tidak meningkat.

### **2.3 Parameter Performansi KPI eNodeB Suspect Optimasi Sebelum dan Setelah Optimasi**

Pada sub bab ini akan ditunjukan nilai parameter performansi KPI yang diambil sebelum optimasi dan nilai parameter performansi KPI yang diambil setelah optimasi pada setiap cell dari eNodeB.

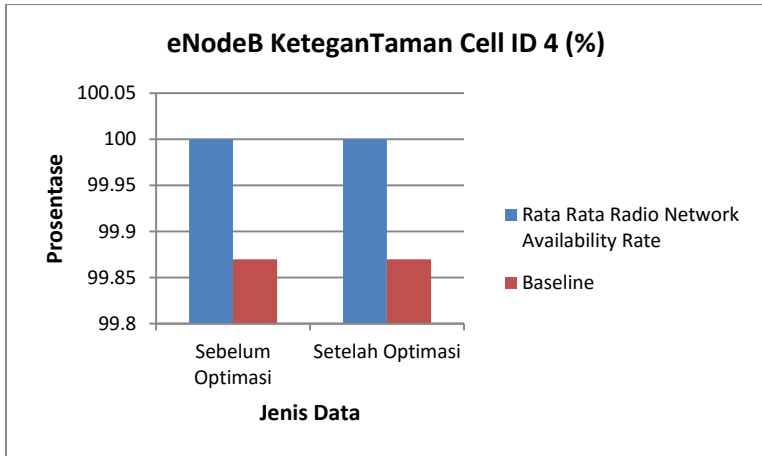
### 2.3.1 Availability

Pada gambar 4.4 didapat bahwa nilai radio network availability rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 pada pukul 00:00 – 24:00 memiliki nilai yang stagnan yaitu 100%.



**Gambar 2.45** Performansi Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

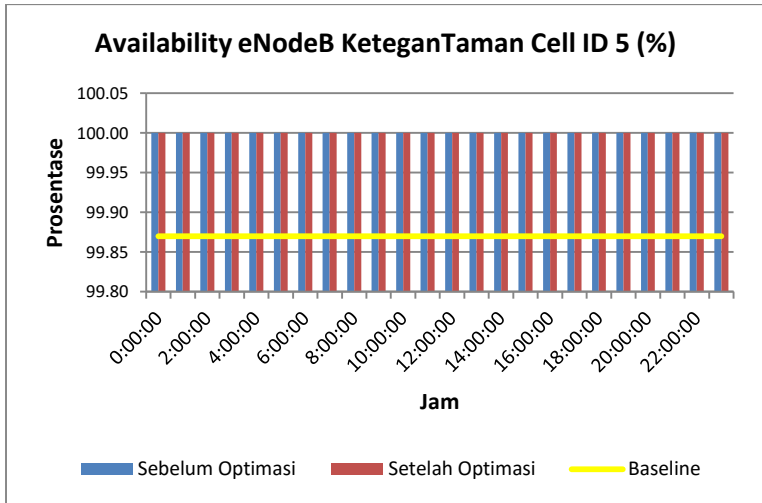
Pada gambar 4.5 didapat bahwa nilai rata-rata radio network availability rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 memiliki nilai yang stagnan yaitu 100%.



**Gambar 2.46** Performansi Rata-Rata Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

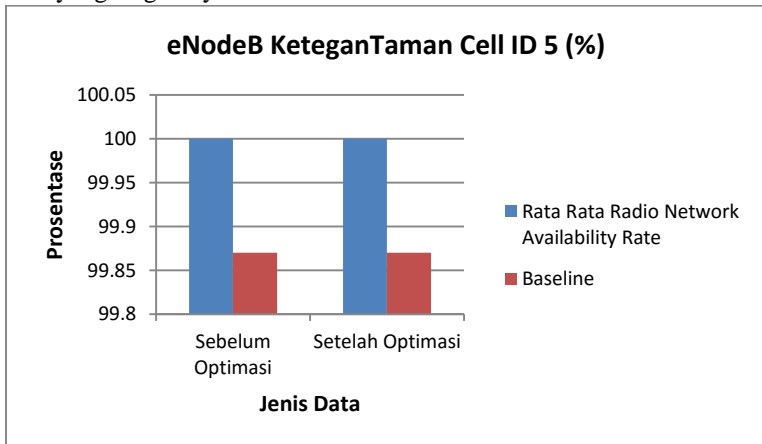
Pada gambar 4.6 didapat bahwa nilai radio network availability rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 pada pukul 00:00 – 24:00 memiliki nilai yang stagnan yaitu 100%.





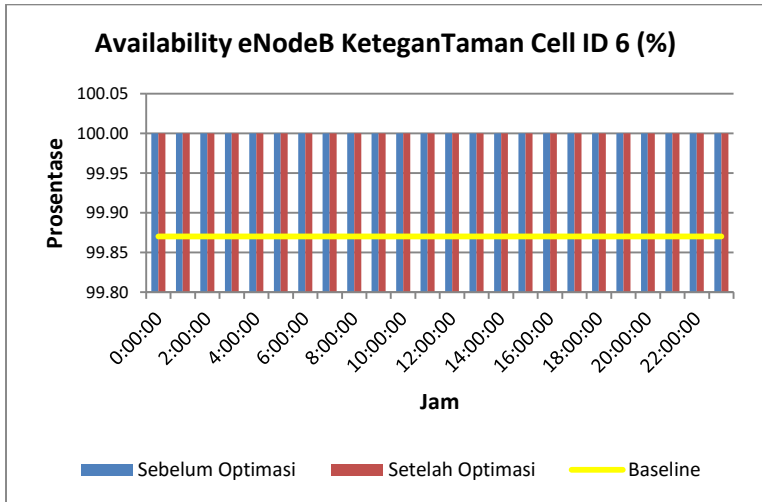
**Gambar 2.47** Performansi Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 5

Pada gambar 4.7 didapat bahwa nilai rata-rata radio network availability rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 memiliki nilai yang stagnan yaitu 100%.



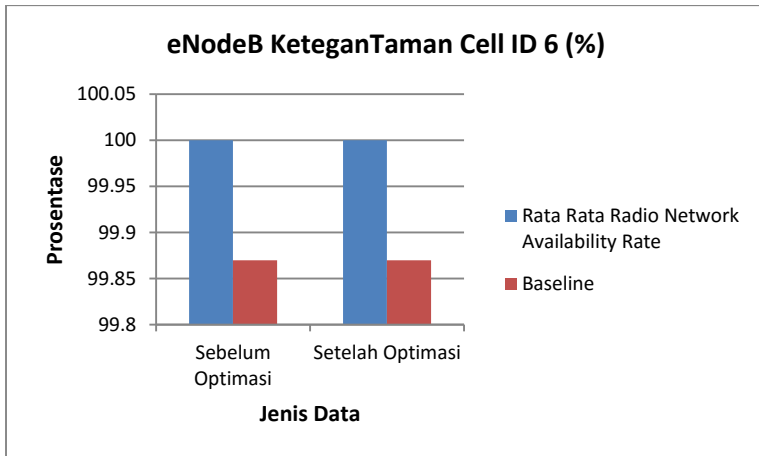
**Gambar 2.48** Performansi Rata - Rata Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 5

Pada gambar 4.8 didapat bahwa nilai radio network availability rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 6 pada pukul 00:00 – 24:00 memiliki nilai yang stagnan yaitu 100%.



**Gambar 2.49** Performansi Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Pada gambar 4.9 didapat bahwa nilai rata-rata radio network availability rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 6 memiliki nilai yang stagnan yaitu 100%.



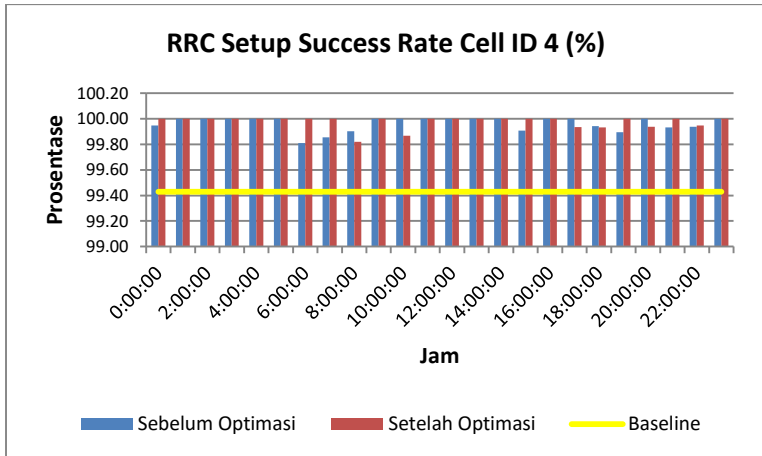
**Gambar 2.50** Performansi Rata - Rata Availability eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Dari gambar 4.5, gambar 4.7, dan gambar 4.9, didapatkan rata rata nilai performansi KPI availability dari eNodeB KeteganTaman memiliki nilai yang stagnan.

Optimasi reroute pada transmisi tidak mempengaruhi nilai KPI availability pada eNodeB KeteganTaman. Nilai KPI availability hanya dipengaruhi dari keandalan eNodeB dan alarm alarm, dan reroute jaringan tidak menurunkan nilai keandalan dari eNodeB.

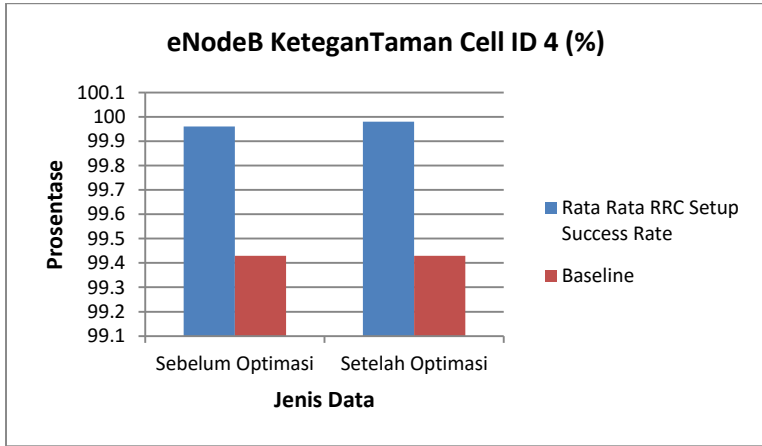
### 2.3.2 Accessibility

Pada gambar 4.10 didapat bahwa nilai RRC setup success rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 pada pukul 00:00 – 24:00 memiliki nilai yang konsisten diatas baseline.



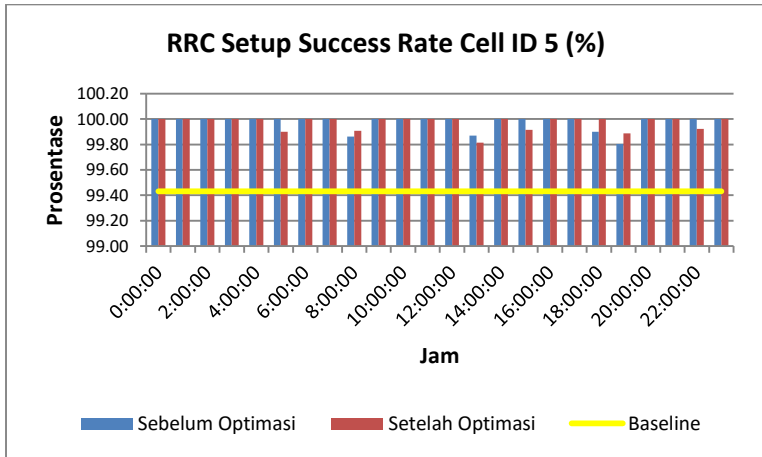
**Gambar 2.51** Performansi RRC Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

Pada gambar 4.11 didapat bahwa nilai rata-rata RRC setup success rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 mengalami kenaikan dari 99,96% menjadi 99,98%.



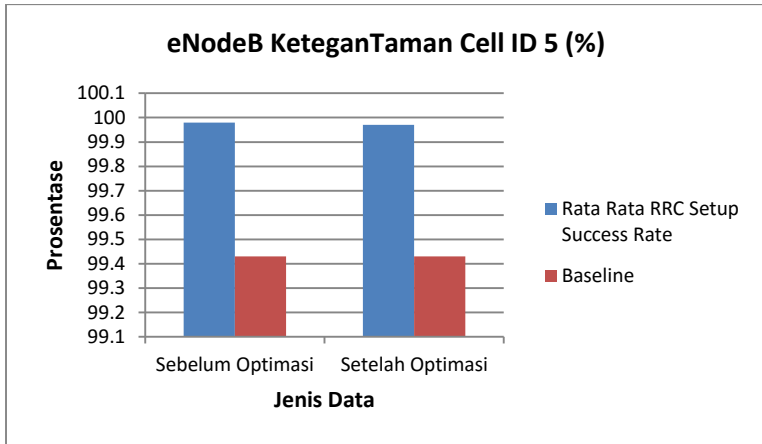
**Gambar 2.52** Performansi RRC Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

Pada gambar 4.12 didapat bahwa nilai RRC setup success rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 pada pukul 00:00 – 24:00 memiliki nilai yang konsisten diatas baseline.



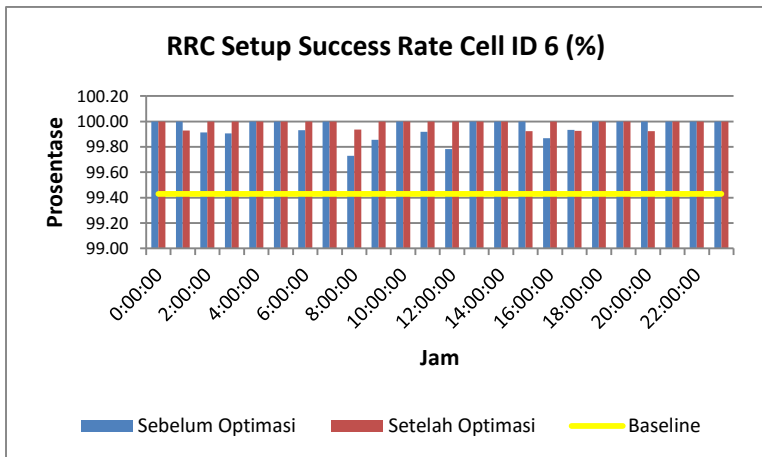
**Gambar 2.53** Performansi RRC Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

Pada gambar 4.8 didapat bahwa nilai rata-rata RRC setup success rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 mengalami penurunan dari 99,98% menjadi 99,97%.



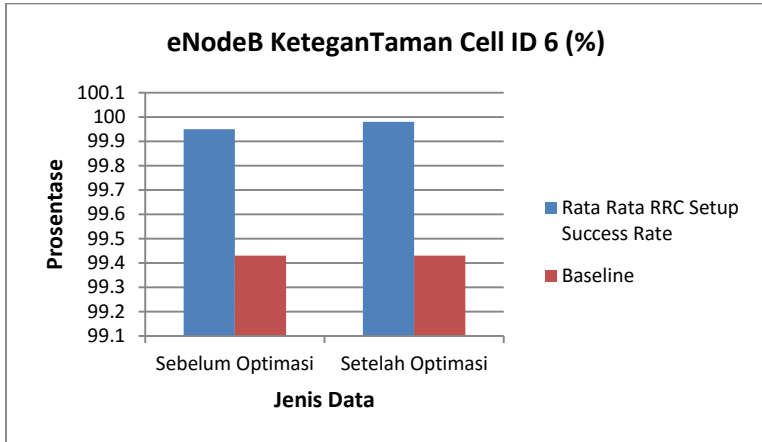
**Gambar 2.54** Performansi RRC Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 5

Pada gambar 4.14 didapat bahwa nilai RRC setup success rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 6 pada pukul 00:00 – 24:00 memiliki nilai yang konsisten diatas baseline.



**Gambar 2.55** Performansi RRC Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Pada gambar 4.9 didapat bahwa nilai rata-rata RRC setup success rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 6 mengalami kenaikan dari 99,95% menjadi 99,98%.

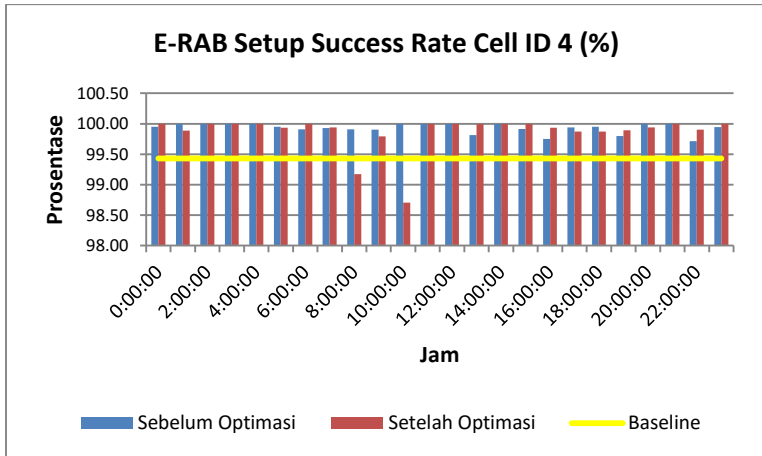


**Gambar 2.56** Performansi RRC Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Dari gambar 4.11, gambar 4.13, dan gambar 4.15, didapatkan rata rata nilai performansi KPI RRC setup success rate dari eNodeB KeteganTaman mengalami kenaikan sebesar 0,01%.

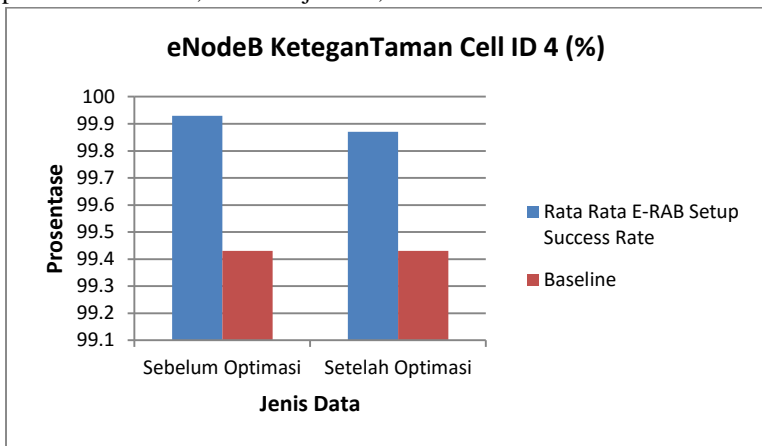
Optimasi reroute pada transmisi hanya sedikit mempengaruhi nilai KPI RRC setup success rate pada eNodeB KeteganTaman. Hal ini disebabkan karena parameter performansi KPI RRC setup success rate tidak dominan dipengaruhi oleh congest yang terjadi pada transmisi eNodeB.

Pada gambar 4.16 didapat bahwa nilai E-RAB setup success rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 pada pukul 08:00 dan 10:00 setelah optimasi memiliki nilai dibawah baseline.



**Gambar 2.57** Performansi E-RAB Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

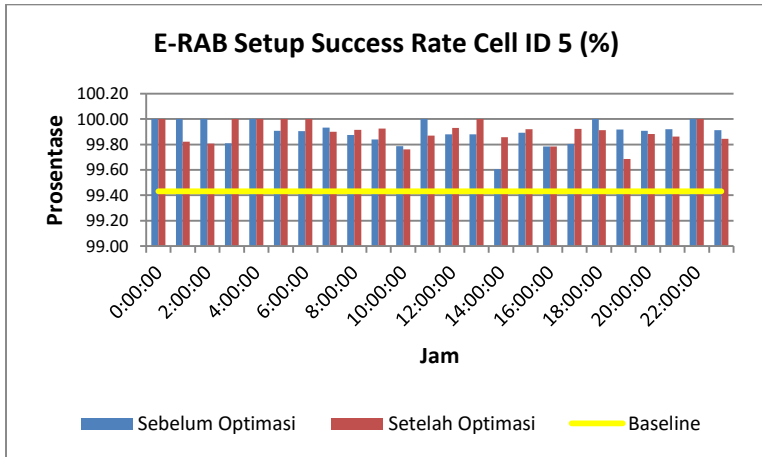
Pada gambar 4.17 didapat bahwa nilai rata-rata E-RAB setup success rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 mengalami penurunan dari 99,93% menjadi 99,87%.



**Gambar 2.58** Performansi E-RAB Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

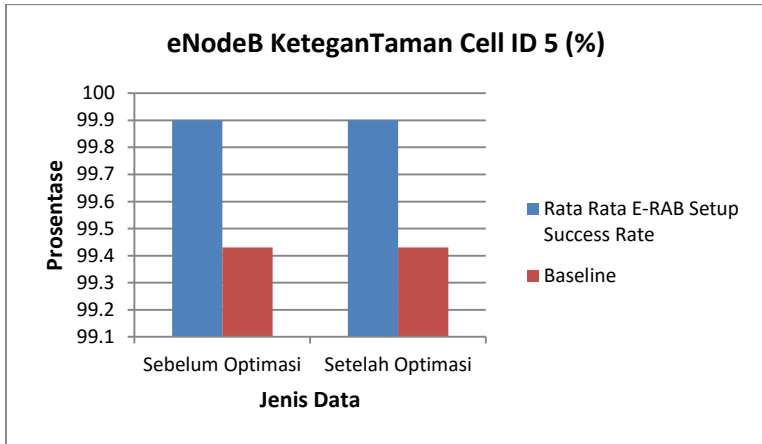


Pada gambar 4.18 didapat bahwa nilai E-RAB setup success rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 pada pukul 00:00 – 24:00 memiliki nilai yang konsisten diatas baseline.



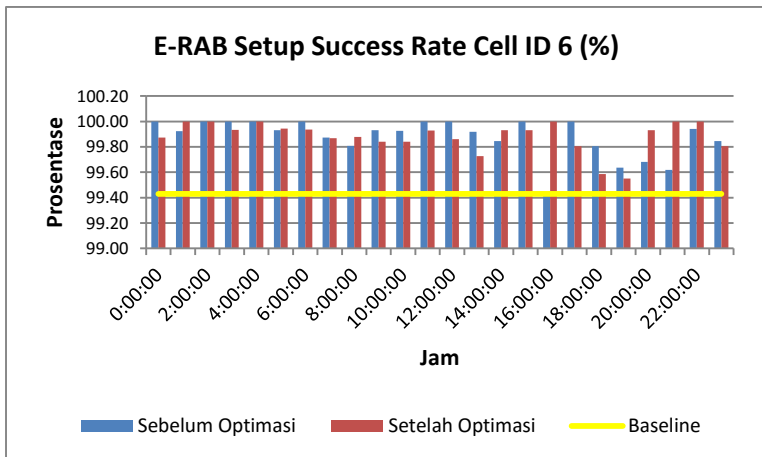
**Gambar 2.59** Performansi E-RAB Setup Success Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 5

Pada gambar 4.19 didapat bahwa nilai rata-rata E-RAB setup success rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 memiliki nilai yang stagnan yaitu 99,90%.



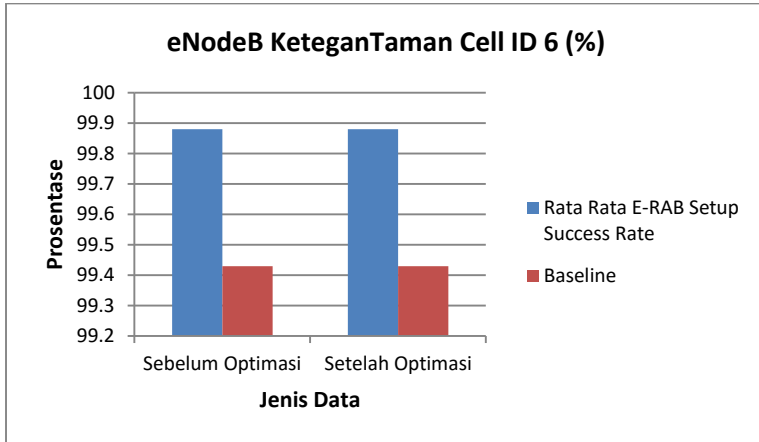
**Gambar 2.60** Performansi E-RAB Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 5

Pada gambar 4.20 didapat bahwa nilai E-RAB setup success rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 pada pukul 00:00 – 24:00 memiliki nilai yang konsisten diatas baseline.



**Gambar 2.61** Performansi E-RAB Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Pada gambar 4.12 didapat bahwa nilai rata-rata E-RAB setup success rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 6 mengalami penurunan dari 99,93% menjadi 99,87%.



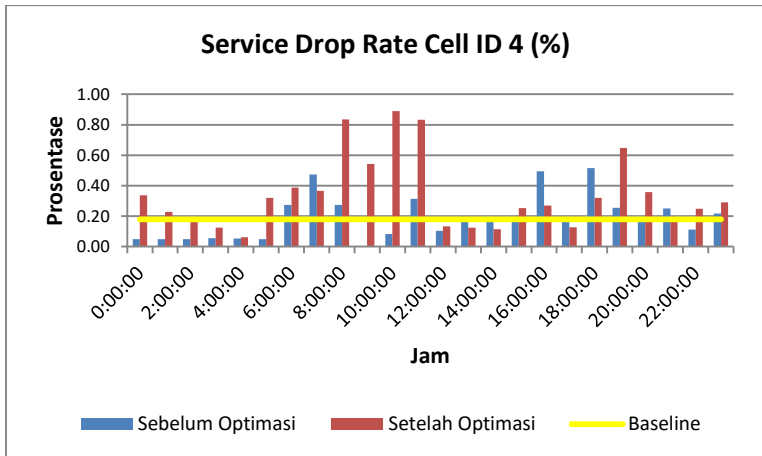
**Gambar 2.62** Performansi E-RAB Setup eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Dari gambar 4.17, gambar 4.19, dan gambar 4.21, didapatkan rata rata nilai performansi KPI E-RAB setup success rate dari eNodeB KeteganTaman mengalami kenaikan sebesar 0,01%.

Optimasi reroute pada transmisi hanya sedikit mempengaruhi nilai KPI E-RAB setup success rate pada eNodeB KeteganTaman. Hal ini disebabkan karena parameter performansi KPI E-RAB setup success rate tidak dominan dipengaruhi oleh congest yang terjadi pada transmisi eNodeB.

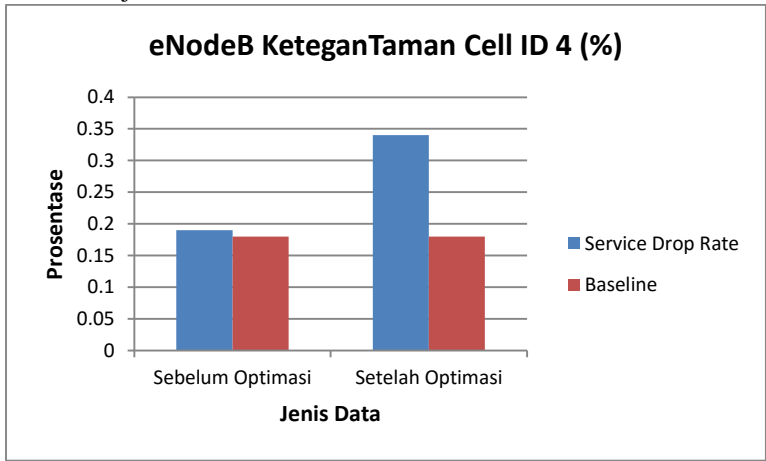
### 2.3.3 Retainability

Pada gambar 4.22 didapat bahwa nilai service drop rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 pada pukul 06:00, 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, dan 19:00 setelah optimasi memiliki nilai lebih dari dua kali lipat diatas baseline.



**Gambar 2.63** Performansi Service Drop Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

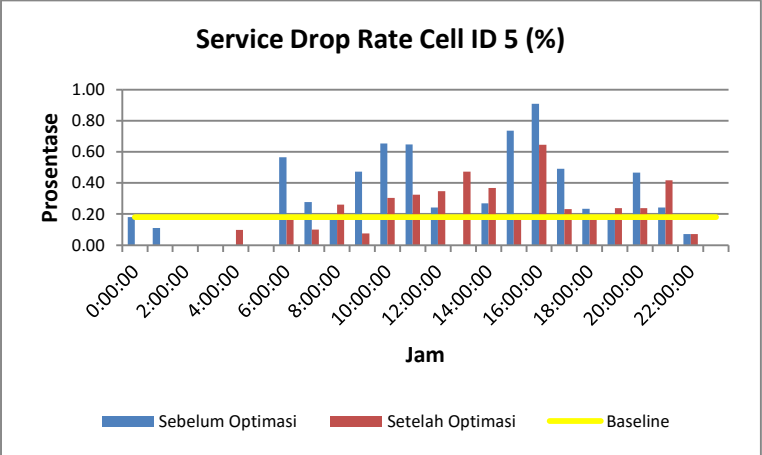
Pada gambar 4.23 didapat bahwa nilai rata-rata service drop rate dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 4 mengalami kenaikan dari 0,19% menjadi 0,34%.



**Gambar 2.64** Performansi Service Drop eNodeB KeteganTaman Cell ID 4

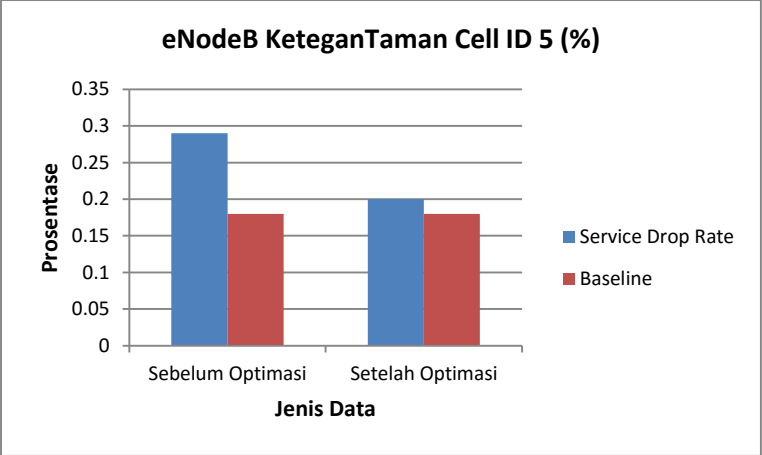
Pada gambar 4.24 didapat bahwa nilai service drop rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 pada

pukul 06:00, 09:00, 10:00, 11:00, 15:00, 16:00, 17:00, dan 20:00 sebelum optimasi, dan pada pukul 13:00, 16:00, dan 21:00 setelah optimasi memiliki nilai lebih dari dua kali lipat diatas baseline.



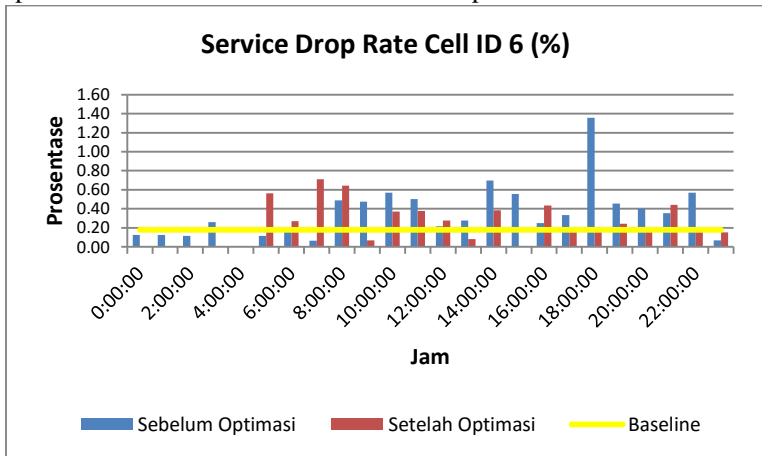
**Gambar 2.65** Performansi Service Drop Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 5

Pada gambar 4.25 didapat bahwa nilai rata-rata service drop rate dari eNodeB Gadel dengan cell id 5 mengalami penurunan dari 0,29% menjadi 0,20%.



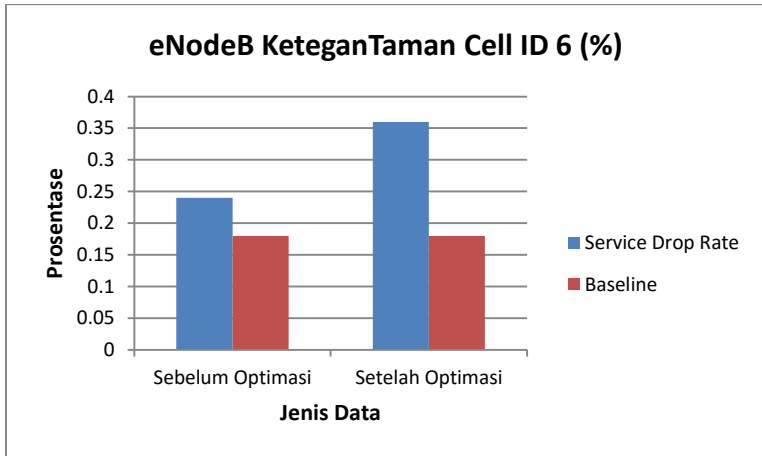
**Gambar 2.66** Performansi Service Drop eNodeB KeteganTaman Cell ID 5

Pada gambar 4.26 didapat bahwa nilai service drop rate sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 pada pukul 08:00, 09:00, 10:00, 11:00, 14:00, 15:00, 18:00, 19:00, 20:00, dan 22:00 sebelum optimasi, dan pada pukul 13:00, 16:00, dan 21:00 setelah optimasi memiliki nilai lebih dari dua kali lipat diatas baseline.



**Gambar 2.67** Performansi Service Drop Rate eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Pada gambar 4.27 didapat bahwa nilai rata-rata service drop rate dari eNodeB Gadel dengan cell id 6 mengalami penurunan dari 0,24% menjadi 0,36%.



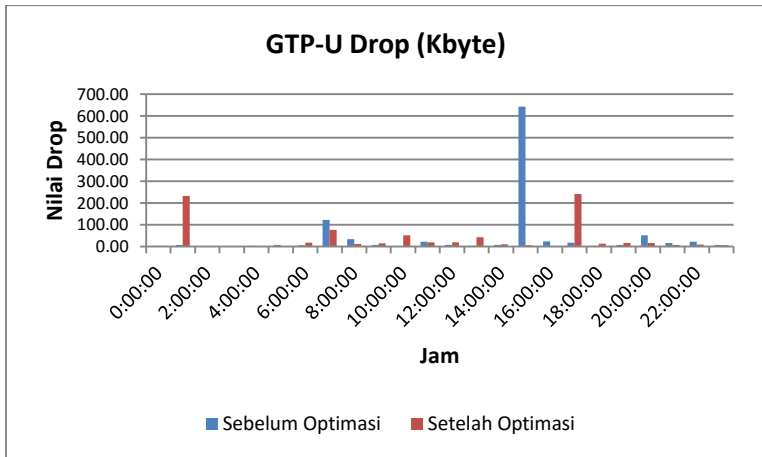
**Gambar 2.68** Performansi Service Drop eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Dari gambar 4.23, gambar 4.25, dan gambar 4.27, didapatkan rata rata nilai performansi KPI service drop rate dari eNodeB KeteganTaman mengalami penurunan sebesar 0,06%.

Optimasi reroute pada transmisi menurunkan nilai KPI service drop rate pada eNodeB KeteganTaman. Hal ini disebabkan karena parameter performansi KPI service drop rate memiliki keterkaitan dengan congest yang terjadi pada transmisi eNodeB. Semakin baik utilitas bandwidth pada eNodeB maka semakin kecil juga nilai parameter performansi KPI service drop rate nya.

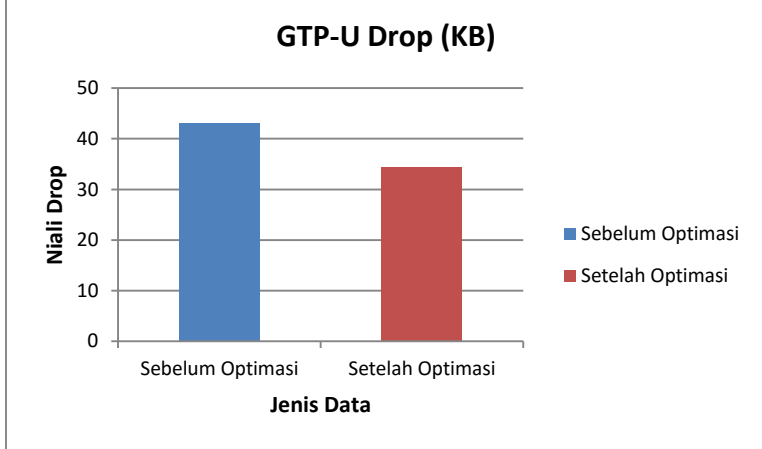
### 2.3.4 GTP-U Measurment

Pada gambar 4.28 didapat bahwa nilai GTP-U Drop sebelum dan setelah optimasi dari eNodeB KeteganTaman dengan cell id 5 pada pukul 15:00 sebelum optimasi memiliki nilai 600 Kbyte, dan pada pukul 01:00, dan 17:00 setelah optimasi memiliki nilai diatas 100 Kbyte.



**Gambar 2.69** Performansi GTP-U Drop eNodeB KeteganTaman Cell ID 6

Pada gambar 4.16 didapat bahwa nilai rata-rata GTP-U drop dari eNodeB Gadel mengalami penurunan dari 43,01KB menjadi 34,45KB.



**Gambar 2.70** Performansi GTP-U Drop eNodeB KeteganTaman

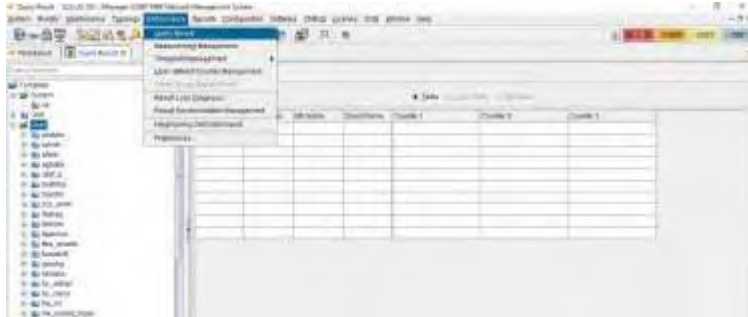
Dari gambar 4.16, didapatkan rata rata nilai performansi KPI GTP-U drop dari eNodeB KeteganTaman mengalami penurunan sebesar 8,56KB.



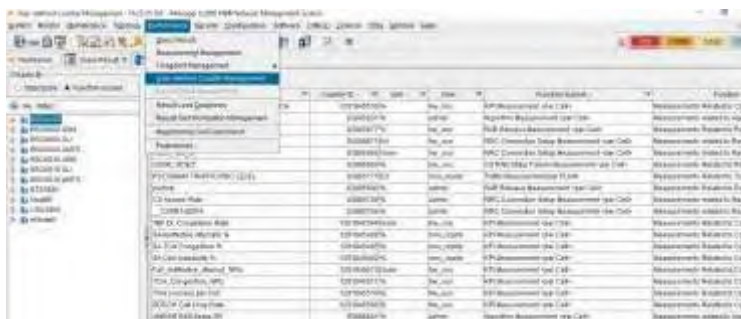
Optimasi reroute pada transmisi menurunkan nilai KPI GTP-U drop rate pada eNodeB KeteganTaman. Hal ini disebabkan karena lebar bandwidth dari rute baru memiliki lebar bandwidth yang dapat mengakomodasi kebutuhan dari GTP-U sehingga drop yang terjadi juga berkurang.

## LAMPIRAN

## Langkah Pengambilan Parameter Performansi KPI

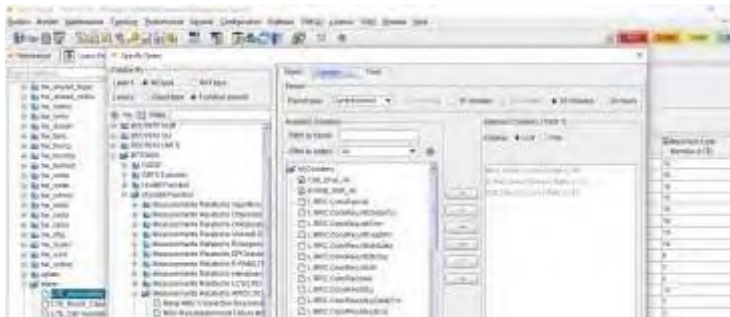


1. Performance – Query Result digunakan untuk melihat daftar counter yang dibuat oleh Teknisi

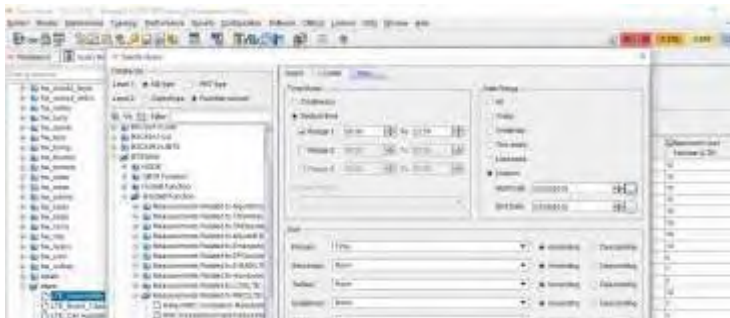


2. Performance – User defined Counter Management berisi counter yang dibuat secara manual oleh Teknisi





6. Tab Counter digunakan untuk memilih counter yang ingin dimasukkan kedalam query dan skala pengambilan data bisa dalam 1jam atau 24jam – set waktu pada 1jam – isi counter default saja



7. Tab Time digunakan untuk memberikan range pengambilan data didalam query – set section time range 1 centang – data range diganti sesuai dengan hari yang ingin diambil datanya



8. Klik Query – Klik Save

## Rumus Counter KPI U2000

*User Downlink Average Throughput:*  
$$\frac{(L.Thrp.bits.DL - L.Thrp.bits.DL.LastTTI)}{L.Thrp.Time.DL.RmvLastTTI/1000}$$

*Radio Network Availability Rate:*  
$$100 - (100 * [L.Cell.Unavail.Dur.Sys] / (60 * 60))$$

*RRC Setup Success Rate:*  
$$\frac{(L.RRC.ConnReq.Succ.Emc + L.RRC.ConnReq.Succ.HighPri + L.RRC.ConnReq.Succ.Mt + L.RRC.ConnReq.Succ.MoData + L.RRC.ConnReq.Succ.DelayTol)}{(L.RRC.ConnReq.Att.Emc + L.RRC.ConnReq.Att.HighPri + L.RRC.ConnReq.Att.Mt + L.RRC.ConnReq.Att.MoData + L.RRC.ConnReq.Att.DelayTol)} * 100\%$$

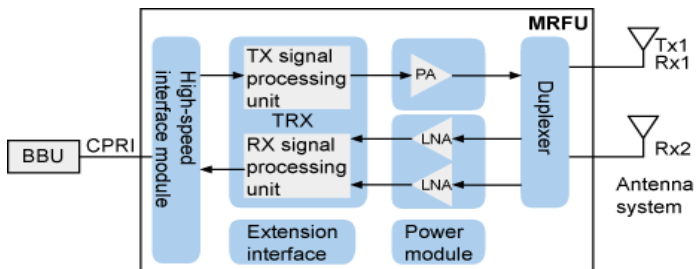
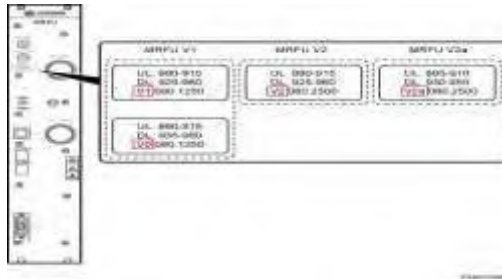
*E-RAB Setup Success Rate:*  
$$L.E-RAB.SuccEst / L.E-RAB.AttEst * 100\%$$

*Service Drop Rate:*  
$$L.E-RAB.AbnormRel / (L.E-RAB.AbnormRel + L.E-RAB.NormRel) * 100\%$$

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## Spesifikasi Board

### a. MRFU (Multi-Mode Radio Frequency Unit)



PIA01C0002

**Gambar Struktur Logika MRFU**

**Tabel Port pada panel MRFU**

Tipe Port	Silkscreen	Konektor	Deskripsi
RF port	ANT_RXB	DIN connector	Menghubungkan ke sistem antenna untuk menerima sinyal.
	ANT_TX/RXA	DIN connector	Menghubungkan ke sistem antenna untuk transit dan menerima sinyal, mendukung transmisi sinyal RET.
CPRI port	CPRI0	SFP female connector	Menghubungkan ke BBU.
	CPRI1	SFP female	Menghubungkan ke BBU.



Tipe Port	Silkscreen	Konektor	Deskripsi
		connector	
Interconnection port for receiving RF signals	RX_INB	QMA female connector	Menerima sinyal .
	RX_OUTA	QMA female connector	Mentransmisikan sinyal utama.
Power port	PWR	3V3 connector	Input -48 listrik V DC.
Monitoring port	MON	RJ45 connector	Melakukan monitoring dan commissioning

## Spesifikasi

**TabelMode dan frekuensi band MRFU**

Tipe	Frekuensi Band (Mhz)	Frekuensi Band RX (Mhz)	Frekuensi Band TX (Mhz)	Mode
MRFU V2	900 PGSM	890 to 915	935 to 960	GSM and UMTS
	900 EGSM	890 to 915	935 to 960	

**Tabel Spesifikasi RF pada MRFU**

Type	Channel RX dan TX	Kapasitas	Sensitivitas penerima		
			Sensitivitas penerima dengan satu antenna	Sensitivitas penerima dengan dua antenna	Sensitivitas penerima dengan empat antena
RFU V2	1T2R	<p>GSM: 6 TRXs</p> <p>UMTS: 4 carriers</p> <p>LTE FDD: -900 MHz: 1 carrier with a bandwidth of 1.4, 3, 5, 10, 15, or 20 MHz -1800 MHz: 1 carrier with a bandwidth of 5, 10, 15, or 20 MHz</p>	<p>GSM: -850 MHz: -113.0 -900 MHz PGSM: -113.5 -900 MHz EGSM: -113.3 -1800 MHz: -113.8</p> <p>UMTS: -850 MHz: -125.0 -900 MHz PGSM: -125.5 -900 MHz EGSM: -125.3</p> <p>LTE FDD: -900 MHz PGSM: -106.3 -900 MHz EGSM: -106.1 -1800 MHz: -106.6</p>	<p>GSM: -850 MHz: -115.8 -900 MHz PGSM: -116.3 -900 MHz EGSM: -116.1 -1800 MHz: -116.6</p> <p>UMTS: -850 MHz: -127.8 -900 MHz PGSM: -128.3 -900 MHz EGSM: -128.1</p> <p>LTE FDD: -900 MHz PGSM: -109.1 -900 MHz EGSM: -108.9 -1800 MHz: -109.4</p>	<p>GSM: -850 MHz: -118.5 (theoretical value) -900 MHz PGSM: -119 (theoretical value) -900 MHz EGSM: -118.8 (theoretical value) -1800 MHz: -119.3 (theoretical value)</p> <p>UMTS: -850 MHz: -130.5 -900 MHz PGSM: -131.0 -900 MHz EGSM: -130.8 LTE FDD: -900 MHz PGSM: -111.8 -900 MHz EGSM: -111.6 -1800 MHz: -112.1</p>

**Tabel**Daya Keluaran MRFU V2/MRFU V2a (GSM, 850 MHz/900 MHz/1800 MHz)

Mode	Jumlah total Carrier GSM	Daya Keluaran per Carrier GSM (W)	Daya Keluaran per Carrier GSM dengan Dynamic Power Sharing (W)
GSM	1	60	60
	2	40	40
	3	27	31
	4	20	27
	5	16	20
	6	12	20

**Tabel**Spesifikasi Peralatan MRFU

Type	Dimensi (H x W x D)	Berat (kg)
MRFU V1, MRFU V2, and MRFU V2a	9 U x 14 HP x 308.5 mm (with the panel)	12

**Tabel**Spesifikasi Proteksi Port pada MRFU

Port	Skenario yang digunakan	Mode proteksi		Spesifikasi
Power port	Bisa digunakan semua scenario	Surge	Differential mode	2 kV (1.2/50 $\mu$ s)
			Common mode	4 kV (1.2/50 $\mu$ s)
		Surge current	Differential mode	10 kA
			Common mode	20 kA
RF port	Bisa digunakan semua scenario	Surge current	Differential mode	8 kA
			Common mode	40 kA

Port	Skenario yang digunakan	Mode proteksi		Spesifikasi
Interkoneksi port untuk menerima sinyal RF	Bisa digunakan semua scenario	Surge		250 A
Alarm port	Bisa digunakan semua scenario	Surge current	Differential mode	3 kA
			Common mode	5 kA

**TabelSpesifikasi port CPRI pada MRFU**

<b>Tipe</b>	<b>Jumlah Port CPRI</b>	<b>Laju Data CPRI (Gbit/s)</b>	<b>Topologi</b>	<b>Level Cascading</b>
MRFU V2 and MRFU V2a	2	1.25 / 2.5	Star, Chain, atau dual-star	CPRI MUX: <ul style="list-style-type: none"> <li>• GU: 6</li> <li>• GL: 4</li> </ul>

**TabelKapabilitas Antena pada MRFU**

<b>Tipe</b>	<b>TMA Support</b>	<b>Supported RET Antennas</b>
MRFU V2 and MRFU V2a	Supported	AISG2.0 and AISG1.1

**b. UBBP (Universal baseband processing unit)**

**Tabel Spesifikasi carrier**

<b>Board</b>	<b>Jumlah dari 2R Carrier</b>	<b>Jumlah dari 4R Carrier</b>
UBBPd3	24	12
UBBPd6	48	24

**Tabel Spesifikasi Baseband**

<b>Board</b>	<b>Jumlah dari Sel</b>	<b>Uplink CE</b>	<b>Downlink CE</b>	<b>Jumlah dari</b>	<b>Jumlah dari</b>	<b>Jumlah dari</b>
--------------	------------------------	------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

				<b>HSDPA Codes</b>	<b>HSDPA UE</b>	<b>HSUPA UE</b>
UBBPd3	6	384	512	6x15	288	288
UBBPd6	12	1024	1024	12x15	768	768

**Tabel Spesifikasi Signaling**

Board	Spesifikasi signaling (CNBAP/s)
UBBPd1, UBBPd2, UBBPd3, UBBPd4, or UBBPd5	200
UBBPd6	300

**Tabel Spesifikasi dari Sel**

<b>Board</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Sel Bandwidth</b>	<b>Antena Konfigurasi</b>
UBBPd3	3	1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, or 20 MHz	3x20 MHz 1T1R 3x20 MHz 1T2R 3x20 MHz 2T2R
UBBPd6	6	1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, or 20 MHz	6x20 MHz 1T1R 6x20 MHz 1T2R 6x20 MHz 2T2R 6x20 MHz 2T4R 6x20 MHz 4T4R

**Tabel Maksimum Jumlah dari UEs pada mode RRC yang terkoneksi**

<b>Board</b>	<b>Sel Bandwidth</b>	<b>Jumlah Maksimum dari UEs pada Mode RRC terkoneksi</b>	<b>Jumlah Maksimum dari UEs yang tersinkronisasi</b>
UBBPd3 or UBBPd4	1.4 MHz	504	504
	3 MHz	1080	1080
	5 MHz	1800	1800
	10 MHz, 15 MHz, or 20 MHz	3600	3600
UBBPd5 or UBBPd6	1.4 MHz	1008	1008

Board	Sel Bandwidth	Jumlah Maksimum dari UEs pada Mode RRC terkoneksi	Jumlah Maksimum dari UEs yang tersinkronisasi
	3 MHz	2160	2160
	5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, or 20 MHz	3600	3600

**Tabel Spesifikasi dari Sel**

Board	Jumlah dari Sel	Bandwidth Sel	Antena Konfigurasi
UBBPd6	6	5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, or 20 MHz	6x20 MHz 2T2R 6x20 MHz 4T4R

**Tabel Jumlah Maksimum dari UEs pada mode RRC terkoneksi**

Board	Sel bandwidth	Maksimum Jumlah dari Ues in RRC Connected Mode
UBBPd4, UBBPd6, or UBBPd9	5 MHz	1800
	10 MHz	3600
	15 MHz	3600
	20 MHz	3600

**Tabel Throughput Maksimum**

Board	Throughput Maksimum
UBBPd3	Downlink: 450 Mbit/s Uplink: 225 Mbit/s
UBBPd6	Downlink: 900 Mbit/s Uplink: 450 Mbit/s

**Tabel Spesifikasi Signalling**

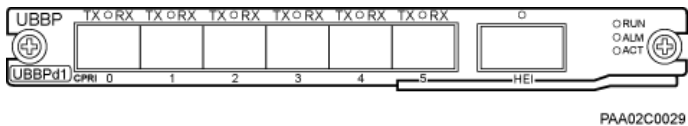
Board	Spesifikasi Signaling (BHCA)
UBBPd3 or UBBPd4	90000
UBBPd5 or UBBPd6	180000

<b>Tabel Throughput Maksimum</b>
----------------------------------

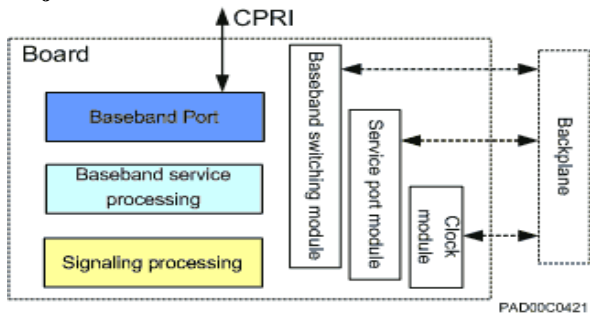
Board	Throughput Maksimum
UBBPd6	Downlink: 900 Mbit/s Uplink: 450 Mbit/s
Tabel Spesifikasi Signaling	
Board	Spesifikasi Signaling (CAPS)
UBBPd6 or UBBPd9	200

### Panel

Pada gambar yang terlihat adalah panel UBBPd1. Board UBBPd1 hingga UBBPd9 mempunyai permukaan yang halus. UBBPd1 hingga UBBPd9 mengindikasikan tipe boardnya pada sisi kiri bawah. Berikut adalah contoh dari UBBPd1



### Prinsip Kerja



Tabel Port pada UBBP			
Silkscreen	Konektor	Jumlah Port CPRI	Deskripsi

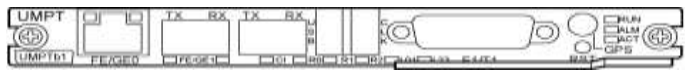
Tabel Port pada UBBP			
Silkscreen	Konektor	Jumlah Port CPRI	Deskripsi
CPRI0 to CPRI5	SFP female Konektor	6	Merupakan port transmisi data yang menyambungkan BBU ke modul RF, dan mensupport input dan output dari optic serta sinyal transmisi elektrik
HEI	QSFP Konektor	1	Cadangan

c. UMPT (Universal Main Processing and Transmisi Unit)

Blok Diagram

Berikut merupakan panel pada board UMPT

Panel UMPTb1



Spesifikasi

Tabel Spesifikasi transmisi dari UMPT

Board	Mode Aplikasi	Mode Transmisi	Jumlah Port	Kapasitas Port	Full / Half Duplex
UMPTa1, UMPTa2, or UMPTb1	GSM single mode UMTS single mode LTE FDD single mode Co-MPT multiple modes (termasuk beberapa node)	ATM di atas E1/T1 <sup>a</sup> atau IP di atas E1/T1	1	Empat channel	-
		Transmisi di atas port elektrik FE/GE	1	10 Mbit/s, 100 Mbit/s, atau 1000 Mbit/s	Full-duplex
		Transmisi di	1	100 Mbit/s	Full / half



		atas port optic		atau 1000 Mbit/s	duplex
--	--	-----------------	--	------------------	--------

**Tabel Spesifikasi carrier dari UMPT**

Board	Mode Aplikasi	Mode Transmisi	Jumlah maksimum dari supported carrier
UMPTb1	GSM	IP di atas E1 atau IP di atas FE	72

**Tabel Spesifikasi signaling**

Board	Signalling Specification (BHCA)
UMPTb1 atau UMPTb2	180000

**Tabel Jumlah maksimum dari UEs dalam RRC connected mode**

Board	Jumlah Maksimum dari UE dalam RRC Connected Mode
UMPTa2, UMPTa6, UMPTb1, atau UMPTb2	1080

**Tabel Port pada Panel UMPT**

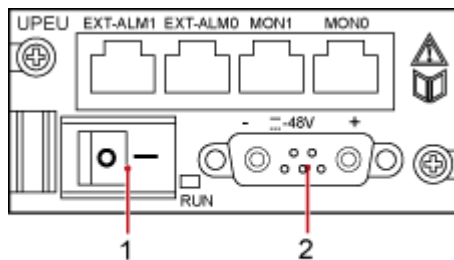
Silkscreen	Connector	Description
E1/T1	DB26 female connector	Port sinyal transmisi E1/T1
FE/GE0	RJ45 connector	Port sinyal transmisi FE electrical
FE/GE1	SFP female connector	Port sinyal transmisi FE optical
GPS	SMA connector	Port GPS pada UMPTa1, UMPTa2, dan UMPTb1 dipesan. Digunakan untuk transmisi sinyal radio frekuensi (RF) yang diterima dari antenna ke satellite card (port GPS pada UMPTa6 dan UMPTb2)
USB <sup>a</sup>	USB connector	Digunakan untuk upgrademsoftware dari BTS menggunakan USB flash drive. Port ini juga berfungsi sebagai commisionaring ethenet port <sup>b</sup>
CLK	USB connector	Menerima sinyal TOD Port untuk output sinyal clock
CI	SFP female connector	Digunakan untuk interkoneksi BBU
RST	-	Digunakan untuk resetting board

**d. UPEU (Universal Power And Environment Interface Unit)**

**Tabel Spesifikasi dari UPEU**

Board	Daya Output	Mode Backup
UPEUa	Daya output dari UPEUa adalah 300 W.	1+1 backup
UPEUc	Daya output dari sebuah board UPEUc adalah 360 W, dan daya output dari dua board UPEUc adalah 650 W.	Mode backup In 1+1 , daya output dari dua board UPEUc adalah 360 W.
UPEUd	Daya output dari sebuah UPEUd adalah 650 W.	Backup 1+1

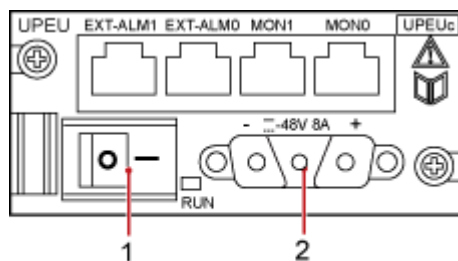
## Panel



PAD00C0057

**GambarPanel UPEUa**

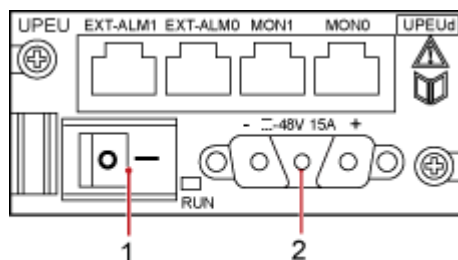
(1) BBU power switch	(2) 7W2 Konektor
----------------------	------------------



PAD00C0059

Gambar Panel UPEUc

(1) BBU power switch	(2) 3V3 Konektor
----------------------	------------------

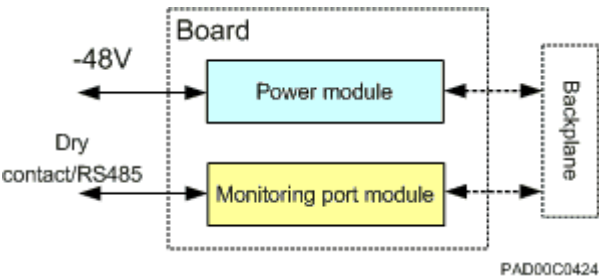


PAD00C0060

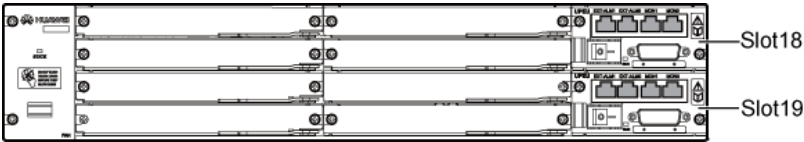
GambarPanel UPEUd

(1) BBU power switch	(2) 3V3 Konektor
----------------------	------------------

Prinsip Kerja



.

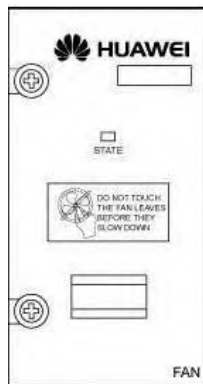


Gambar Slot untuk install UPEU

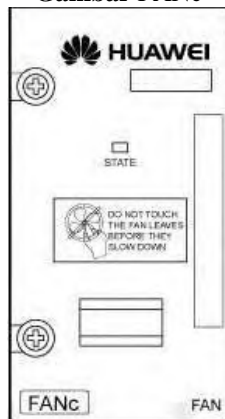
TabelPort pada panel UPEU			
Slot	Silkscreen	Konektor	Deskripsi
Slot 18 and slot 19	+24V or -48V	3V3 or 7W2 Konektor	Feeding +24 V or -48 V DC power
	EXT-ALM0	RJ45 Konektor	Ports untuk sinyal input Boolean 0 to 3

e. FAN

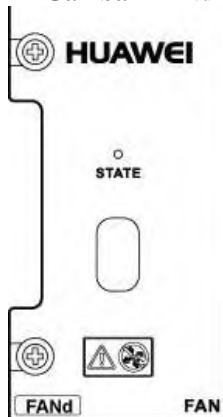
**Panel**  
**Gambar FAN**



**Gambar FANc**



**Gambar FANd**



**Indikator**

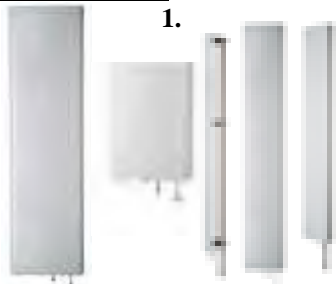
<b>Silkscreen</b>	<b>Warna</b>	<b>Status</b>	<b>Deskripsi</b>
STATE	Merah atau hijau	Berkedip hijau (on 0,125s dan off 0,125s)	<i>Module</i> tidak terregistrasi dan tidak ada alarm
		Berkedip hijau (on 1s dan off 1s)	<i>Module</i> berjalan dengan lancar
		Berkedip merah (on 1s dan off 1s)	<i>Module</i> melaporkan alarm
		Steady off	Tidak ada <i>power supply</i>

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

**Spesifikasi Antenna**

Mengacu pada alokasi frekuensi LTE bisa menggunakan frekuensi 900, 1800, dan 2100. Sehingga LTE bisa memanfaatkan eksistensi antenna yang sudah ada. Berikut daftar antenna yang dapat digunakan untuk LTE :

**DBXLH-9090C-VTM**



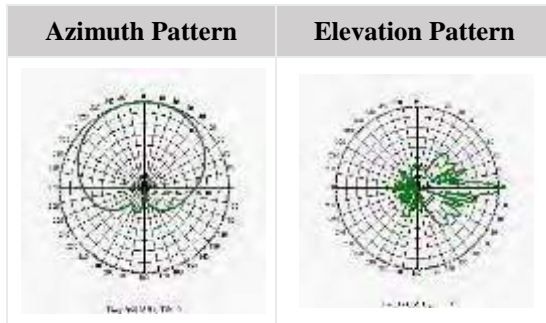
Frequency Band, MHz	824–896	870–960	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain, dBi	15.9	16.1	17.6	17.8	17.8
Beamwidth, Horizontal, degrees	87	87	90	90	90
Beamwidth, Vertical, degrees	8.0	7.0	4.5	4.3	4.0
Beam Tilt, degrees	0–8	0–8	0–5	0–5	0–5
USLS, typical, dB	15	15	15	15	15
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	30	30	35	35	35
Isolation, dB			30	30	30



VSWR   Return Loss, dB	1.4   15.6	1.5   14.0	1.5   14.0	1.5   14.0	1.5   14.0
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-150	-150	-150	-150	-150
Input Power per Port, maximum, watts	300	300	250	250	250
Polarization	±45°	±45°	±45°	±45°	±45°
Impedance	50 ohm	50 ohm	50 ohm	50 ohm	50 ohm
General Specifications					
Antenna Brand		Andrew			
Antenna Type		Dual Pol multiband			
Band		Multiband			
Brand		Dual Pol			
Operating Frequency Band		1710 – 2180 MHz			
Performance Note		Outdoor usage			
Mechanical Specifications					
Color		Light gray			
Lightning Protection		dc Ground			
Radiator Material		Brass			
Radome Material		Fiberglass, UV resistant			
RF Connector Interface		7-16 DIN Female			
RF Connector Location		Bottom			
RF Connector Quantity,		4			

total	
Wind Area, maximum	0.5 m <sup>2</sup>   5.4 ft <sup>2</sup>
Wind Loading, maximum	1473.5 N @ 150 km/h 331.3 lbf @ 150 km/h
Wind Speed, maximum	241.0 km/h   149.8 mph
<b>Dimensions</b>	
Depth	118.0 mm   4.6 in
Length	2451.0 mm   96.5 in
Width	388.0 mm   15.3 in
Net Weight	22.6 kg   49.8 lb
<b>Remote Electrical Tilt (RET) Information</b>	
Model with Factory Installed AISG 1.1 Actuator	DBXLH-9090C-R2M
Model with Factory Installed AISG 2.0 Actuator	DBXLH-9090C-A2M
RET System	Teletilt®

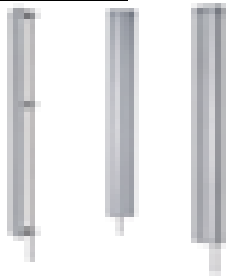
## Patterns- Show



## Regulatory Compliance/Certifications

Agency	Classification
RoHS 2011/65/EU	Compliant by Exemption
China RoHS SJ/T 11364-2006	Above Maximum Concentration Value (MCV)
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

**DB858DG90ESY**



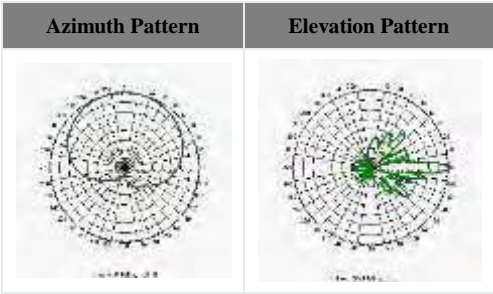
**Electrical Specifications**

Frequency Band, MHz	870–960
Gain, dBi	16.8
Beamwidth, Horizontal, degrees	90
Beamwidth, Vertical, degrees	7.0
Beam Tilt, degrees	0
USLS, typical, dB	15
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	30
Isolation, dB	30
VSWR   Return Loss, dB	1.33   17.0
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-150

Input Power per Port, maximum, watts	500
Polarization	$\pm 45^{\circ}$
Impedance	50 ohm
<b>General Specifications</b>	
Antenna Brand	Andrew
Antenna Type	DualPol
Band	Single band
Brand	DualPol
Operating Frequency Band	870 – 960 MHz
Performance Note	Outdoor usage
<b>Mechanical Specifications</b>	
Color	Light gray
Lightning Protection	dc Ground
Radiator Material	Aluminum
Radome Material	Fiberglass, UV resistant

RF Connector Interface	7-16 DIN Female
RF Connector Location	Bottom
RF Connector Quantity, total	2
Wind Loading, maximum	1032.0 N @ 100 mph 232.0 lbf @ 100 mph
Wind Speed, maximum	241.4 km/h   150.0 mph
<b>Dimensions</b>	
Depth	172.0 mm   6.8 in
Length	2451.0 mm   96.5 in
Width	317.0 mm   12.5 in
Net Weight	14.3 kg   31.5 lb

**Patterns- Show**



**Regulatory Compliance/Certifications**

Agency	Classification
RoHS 2011/65/EU	Compliant by Exemption
China RoHS SJ/T 11364-2006	Above Maximum Concentration Value (MCV)
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

**HBXX-6516DS-VTM**



**Electrical Specifications**

Frequency Band, MHz	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain, dBi	17.7	18.0	18.0
Beamwidth, Horizontal, degrees	67	66	64
Beamwidth, Vertical, degrees	7.5	7.0	6.6
Beam Tilt, degrees	0–10	0–10	0–10
USLS, dB	18	18	18

Front-to-Back Ratio at 180°, dB	30	30	30
CPR at Boresight, dB	22	22	21
CPR at Sector, dB	8	9	9
Isolation, dB	30	30	30
VSWR   Return Loss, dB	1.4   15.6	1.4   15.6	1.4   15.6
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-153	-153	-153
Input Power per Port, maximum, watts	350	350	350
Polarization	±45°	±45°	±45°
Impedance	50 ohm	50 ohm	50 ohm

Electrical Specifications, BASTA*			
Frequency Band, MHz	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain by all Beam Tilts, average, dBi	17.2	17.2	17.5
Gain by all Beam Tilts Tolerance, dB	±0.3	±0.3	±0.5
Gain by Beam Tilt, average, dBi	0 °   17.0 5 °   17.3 10 °   17.0	0 °   17.1 5 °   17.4 10 °   17.0	0 °   17.4 5 °   17.7 10 °   17.2



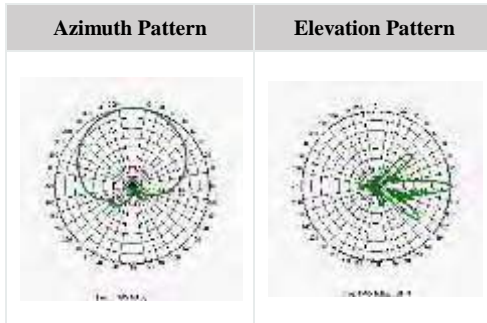
Beamwidth, Horizontal Tolerance, degrees	±2.7	±2.3	±3.5
Beamwidth, Vertical Tolerance, degrees	±0.5	±0.4	±0.4
USLS, dB	18	19	19
Front-to-Back Total Power at $180^{\circ} \pm 30^{\circ}$ , dB	26	26	26
CPR at Boresight, dB	22	22	22
CPR at Sector, dB	9	9	9

General Specifications	
Antenna Brand	Andrew®
Antenna Type	DualPol® quad
Band	Single band
Brand	DualPol®
Operating Frequency Band	1710 – 2180 MHz
Performance Note	Outdoor usage

Mechanical Specifications	
Color	Light gray
Lightning Protection	dc Ground
Radiator Material	Low loss circuit board
Radome Material	PVC, UV resistant
RF Connector Interface	7-16 DIN Female
RF Connector Location	Bottom
RF Connector Quantity, total	4
Wind Loading, maximum	419.0 N @ 150 km/h 94.2 lbf @ 150 km/h
Wind Speed, maximum	241.0 km/h   149.8 mph
Dimensions	
Depth	166.0 mm   6.5 in
Length	1297.0 mm   51.1 in
Width	305.0 mm   12.0 in
Net Weight	13.9 kg   30.6 lb
Remote Electrical Tilt (RET) Information	
Model with Factory Installed AISG 2.0 Actuator	HBXX-6516DS-A2M

RET System	Teletilt®
------------	-----------


#### Patterns- Show



#### Regulatory Compliance/Certifications

Agency	Classification
RoHS 2011/65/EU	Compliant by Exemption
China RoHS SJ/T 11364-2006	Above Maximum Concentration Value (MCV)
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

**HBX-9016DS-VTM**

			
Electrical Specifications			
Frequency Band, MHz	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain, dBi	17.7	17.7	18.0
Beamwidth, Horizontal, degrees	85	86	87
Beamwidth, Vertical, degrees	5.1	4.7	4.4
Beam Tilt, degrees	0–6	0–6	0–6
USLS, dB	18	18	18
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	28	28	27
CPR at Boresight, dB	21	24	20
CPR at Sector, dB	14	13	11
Isolation, dB	30	30	30
VSWR   Return Loss, dB	1.4   15.6	1.4   15.6	1.4   15.6
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-155	-155	-155
Input Power per Port, maximum, watts	350	350	350
Polarization	±45°	±45°	±45°
Impedance	50 ohm	50 ohm	50 ohm


## Electrical Specifications, BASTA\*

Frequency Band, MHz	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain by all Beam Tilts, average, dBi	17.5	17.4	17.6
Gain by all Beam Tilts Tolerance, dB	±0.2	±0.2	±0.4
Gain by Beam Tilt, average, dBi	0 °   17.4 3 °   17.6 6 °   17.4	0 °   17.4 3 °   17.5 6 °   17.3	0 °   17.5 3 °   17.7 6 °   17.4
Beamwidth, Horizontal Tolerance, degrees	±1.4	±1.5	±1.5
Beamwidth, Vertical Tolerance, degrees	±0.3	±0.2	±0.3
USLS, dB	18	18	19
Front-to-Back Total Power at 180° ± 30°, dB	24	23	21
CPR at Boresight, dB	24	26	23
CPR at Sector, dB	14	13	11

\*

## General Specifications

Antenna Brand	Andrew®
Antenna Type	DualPol®
Band	Single band
Brand	DualPol®
Operating Frequency Band	1710 – 2180 MHz

Performance Note 	Outdoor usage	
Mechanical Specifications		
Color	Light gray	
Lightning Protection	dc Ground	
Radiator Material	Low loss circuit board	
Radome Material	Fiberglass, UV resistant	
RF Connector Interface	7-16 DIN Female	
RF Connector Location	Bottom	
RF Connector Quantity, total	2	
Wind Loading, maximum	391.5 N @ 150 km/h 88.0 lbf @ 150 km/h	
Wind Speed, maximum	241.0 km/h   149.8 mph	
Dimensions		
Depth	97.0 mm   3.8 in	
Length	1897.0 mm   74.7 in	
Width	172.0 mm   6.8 in	
Net Weight	7.6 kg   16.8 lb	
Remote Electrical Tilt (RET) Information		
Model with Factory Installed AISG 2.0 Actuator		HBX-9016DS-A1M
RET System		Teletilt®

## Patterns- Show



## Regulatory Compliance/Certifications

Agency	Classification
RoHS 2011/65/EU	Compliant by Exemption
China RoHS SJ/T 11364-2006	Above Maximum Concentration Value (MCV)
ISO 9001:2008	Designed, manufactured and/or distributed under this quality management system

**HBXX-9014DS-VTM (Andrew)**



General Specifications	
Antenna Brand	Andrew®
Antenna Type	DualPol® quad
Band	Single band
Brand	DualPol®   Teletilt®
Operating Frequency Band	1710 – 2180 MHz
Performance Note ⓘ	Outdoor usage

**Electrical Specifications**

Frequency Band, MHz	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain, dBi	16.0	16.0	16.2
Beamwidth, Horizontal, degrees	88	88	88
Beamwidth, Vertical, degrees	7.5	7.1	6.7
Beam Tilt, degrees	0–10	0–10	0–10
USLS, dB	17	17	18
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	30	30	30
CPR at Boresight, dB	17	17	16
CPR at Sector, dB	8	9	8
Isolation, dB	30	30	30
VSWR   Return Loss, dB	1.4   15.6	1.4   15.6	1.4   15.6
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-150	-150	-150
Input Power per Port, maximum, watts	350	350	350
Polarization	±45°	±45°	±45°



Impedance	50 ohm	50 ohm	50 ohm

**Electrical Specifications, BASTA\***

Frequency Band, MHz	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain by all Beam Tilts, average, dBi	15.9	15.9	16.0
Gain by all Beam Tilts Tolerance, dB	±0.4	±0.4	±0.4
Gain by Beam Tilt, average, dBi	0 °   15.9	0 °   15.9	0 °   16.0
	5 °   16.1	5 °   16.1	5 °   16.2
	10 °   15.7	10 °   15.7	10 °   15.7
Beamwidth, Horizontal Tolerance, degrees	±4.7	±3.1	±3.8
Beamwidth, Vertical Tolerance, degrees	±0.4	±0.4	±0.5
USLS, dB	17	18	18
Front-to-Back Total Power at 180° ± 30°, dB	21	21	21
CPR at Boresight, dB	19	20	20
CPR at Sector, dB	8	8	8

Dimensions	
Depth	166.0 mm   6.5 in
Length	1297.0 mm   51.1 in
Width	305.0 mm   12.0 in
Net Weight	13.5 kg   29.8 lb

**TBXLHA-6565C-VTM (Andrew)**



General Specifications	
Antenna Brand	Andrew®
Antenna Type	DualPol® multiband
Band	Multiband
Brand	DualPol®   Teletilt®
Operating Frequency Band	1710 – 2180 MHz   824 – 960 MHz
Performance Note ⓘ	Outdoor usage

### Electrical Specifications

Frequency Band, MHz	824–896	870–960	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain, dBi	16.9	17.6	16.8	17.1	17.0
Beamwidth, Horizontal, degrees	70	67	65	62	59
Beamwidth, Vertical, degrees	7.4	7.1	7.2	6.9	6.7
Beam Tilt, degrees	0–8	0–8	2–10	2–10	2–10
USLS, dB	17	17	18	16	15
Front-to-Back Ratio at 180°, dB	25	25	28	26	25
CPR at Boresight, dB	23	24	14	14	14
CPR at Sector, dB	11	9	5	5	5
Isolation, dB	30	30	30	30	30
Isolation, Intersystem, dB	30	30	30	30	30
VSWR   Return Loss, dB	1.5   14.0	1.5   14.0	1.5   14.0	1.5   14.0	1.5   14.0
PIM, 3rd Order, 2 x 20 W, dBc	-150	-150	-150	-150	-150
Input Power per Port, maximum, watts	350	350	350	350	350
Polarization	±45°	±45°	±45°	±45°	±45°
Impedance	50 ohm	50 ohm	50 ohm	50 ohm	50 ohm

### Electrical Specifications, BASTA\*

Frequency Band, MHz	824–896	870–960	1710–1880	1850–1990	1920–2180
Gain by all Beam Tilts, average, dBi	16.7	17.0	16.3	16.3	16.1
Gain by all Beam Tilts Tolerance, dB	±0.6	±0.2	±0.3	±0.5	±0.7
Gain by Beam Tilt, average, dBi	0 °   16.7	0 °	2 °   16.3	2 °   16.5	2 °   16.5

	4 °   16.7 8 °   16.4	17.1 4 °   17.1 8 °   16.8	6 °   16.3 10 °   16.1	6 °   16.3 10 °   15.9	6 °   16.2 10 °   15.6
Beamwidth, Horizontal Tolerance, degrees	±2.7	±2.7	±4.4	±3.9	±5.4
Beamwidth, Vertical Tolerance, degrees	±0.4	±0.3	±0.3	±0.3	±0.4
USLS, dB	17	18	19	17	15
Front-to-Back Total Power at 180° ± 30°, dB	22	23	23	24	25
CPR at Boresight, dB	24	23	15	16	17
CPR at Sector, dB	12	10	7	7	7

Dimensions	
Depth	132.0 mm   5.2 in
Length	2577.0 mm   101.5 in
Width	269.0 mm   10.6 in
Net Weight	25.4 kg   56.0 lb

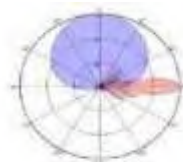
## 7. TDJ-9017/1818DE-65P (TONGYU)



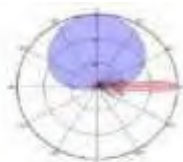
Electrical specifications		
Frequency range (MHz)	870~960	1710~1880
Polarization	$\pm 45^\circ$	
Gain (dBi)	17	17.5
Electrical downtilt ( $^\circ$ )	0~8	0~8
Half-power beam width ( $^\circ$ )	Hor:63 Vert:7.5	Hor:66 Vert:5.5
Sidelobe suppression (dB) (First sidelobe above main beam)	0 $^\circ$ ...4 $^\circ$ ...8 $^\circ$ 16...15...14	0 $^\circ$ ...4 $^\circ$ ...8 $^\circ$ 16...15...14
Front-to-back ratio (dB)	$\geq 25$	
Isolation (dB)	$\geq 30$	
Cross-polar ratio (dB)	$\geq 15 (\pm 60^\circ \geq 10)$	
VSWR	$\leq 1.5$	
Intermodulation IM3 (2 $\times$ 43dBm carrier)	$\leq -150$ dBc	
Maximum input power (W)	400/200	
Lightning protection	DC Ground	

## Mechanical specifications

Connector	4×7/16DIN-Female
Connector position	Bottom
Height×width×depth (mm)	2580×268×138
Packing size (mm)	2935×365×220
Antenna weight (kg) (with installation kit)	26
Packing weight (kg)	32
Wind loading area (m <sup>2</sup> )	0.7
Rated wind velocity (m/s)	60
Reflector material	Aluminum Alloy
Radome material	Uv PVC
Radome color	PANTONE-5517C
Mechanical tilt (°)	0~10
Operating temperature (°C)	-40~60
Mounting hardware (mm)	φ 50~ φ 115



870 — 960 MHz



1710 — 1830 MHz

### **TDJ-1818D-65FT3 (TONGYU)**

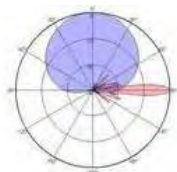


#### **Electrical specifications**

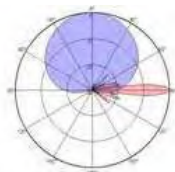
Frequency Range(MHz)	1710~1880
Polarization	$\pm 45^\circ$
Gain (dBi)	17.5
Electrical downtilt ( $^\circ$ )	3
Half-power beam width ( $^\circ$ )	Hor:66 Ver:7
Sidelobe suppression (dB) (First sidelobe above main beam)	$\geq 16$
Front-to-back ratio (dB)	$\geq 25$
Isolation (dB)	$\geq 30$
Cross-polar ratio (dB)	$\geq 15(\pm 60^\circ \geq 10)$
Impedance ( $\Omega$ )	50
VSWR	$\leq 1.4$
Maximum input power (W)	300
Lightning protection	DC Ground

### Mechanical specifications

Connector	2×N-Female
Connector position	Bottom
Height×width×depth (mm)	1360×160×80
Packing size (mm)	1850×210×155
Antenna weight (kg)	6.7
Installation kit weight (kg)	2.7
Packing weight (kg)	11.2
Wind loading area (m <sup>2</sup> )	0.22
Max. wind velocity (m/s)	60
Reflector material	Aluminum Alloy
Radome material	Fiberglass
Radome color	Gray
Mechanical tilt (°)	0~10
Operating temperature (°C)	-50~65
Mounting hardware (mm)	φ50~φ115



1710MHz



1880MHz

**TDJ-809018AM-65FT0**

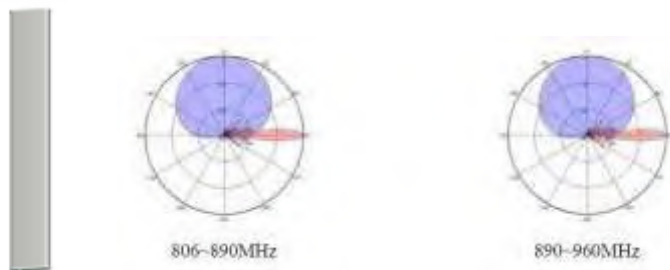
VPol 806~960MHz 65°18dBi Fixed Tilt 0°Sector Panel Antenna

Electrical specifications		
Frequency range (MHz)	806~890	890~960
Polarization	Vertical	
Gain (dBi)	17.5	18
Electrical downtilt (°)	0	
Half-power beam width (°)	Hor:65 Ver:7.5	Hor:63 Ver:7
Sidelobe suppression (dB) (First sidelobe above main beam)	≥16	
Front-to-back ratio (dB)	≥25	
Impedance (Ω)	50	
VSWR	≤1.4	
Intermodulation IM3 (2×43dBm carrier)	≤-150dBc	
Maximum input power (W)	500	
Lightning protection	DC Ground	

Mechanical specifications	
Connector	1×7/16DIN-Female
Connector position	Bottom
Height×width×depth (mm)	2580×280×85
Packing size (mm)	2905×370×180
Antenna weight (kg)(with installation kit)	21.5
Packing weight (kg)	25
Wind loading area (m²)	0.73
Max. wind velocity (m/s)	60
Reflector material	Aluminum Alloy
Radome material	Fiberglass
Radome color	Gray
Mechanical tilt (°)	0~10
Operating temperature (°C)	-50~65
Mounting hardware (mm)	Φ50~Φ115



### Gambar and Pattern of Antenna



### TDJ-809018DME-65P

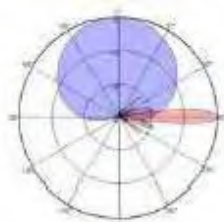
XPol 824 ~ 960MHz 65°17.5dBi

Adjustable Electrical Downtilt Antenna, Manual or by optional RCU (Remote Control Unit)

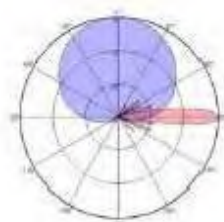
Electrical specifications		
Frequency range (MHz)	824~890	890~960
Polarization	$\pm 45^\circ$	
Gain (dBi)	17	17.5
Electrical downtilt (°)	0~8	0~8
Half-power beam width (°)	Hor:66 Ver:7.5	Hor:64 Ver:7
Sidelobe suppression (dB) (First sidelobe above main beam)	0°...4°...8° 15...15...15	0°...4°...8° 16...15...15
Front-to-back ratio (dB)	$\geq 25$	
Isolation (dB)	$\geq 30$	
Cross-polar ratio (dB)	$\geq 15 (\pm 60^\circ \geq 10)$	
Impedance ( $\Omega$ )	50	
VSWR	$\leq 1.5$	
Intermodulation IM3 (2×43dBm carrier)	$\leq -150$ dBc	
Maximum input power (W)	400	
Lightning protection	DC Ground	

Mechanical specifications	
Connector	2×7/16DIN-Female
Connector position	Bottom
Height×width×depth (mm)	2580×270×140
Packing size (mm)	2965×365×220
Antenna weight (kg)	19.3
Installation kit weight (kg)	4.4
Packing weight (kg)	28.6
Wind loading area (m <sup>2</sup> )	0.7
Max. wind velocity (m/s)	60
Reflector material	Aluminum Alloy
Radome material	Uv PVC
Radome color	Gray
Mechanical tilt (°)	0~8
Operating temperature (°C)	-40~60
Mounting hardware (mm)	φ 50~ φ 115

**Gambar and Pattern of Antenna**



824~890 MHz



890~960 MHz

**TB-**

**809016/182017/182017DE-65P**

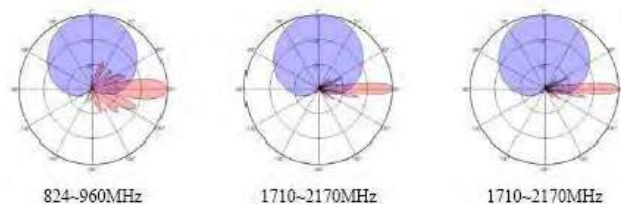


XXXPol 824~960/1710~2170/1710~2170MHz 65° 16/17/17dBi AdjusTabel Electrical  
Downtilt Antenna, Manual or by optional RCU (Remote Control Unit)

Electrical specifications					
Frequency range (MHz)	824~896	880~960	1710~1880	1855~1990	1920~2170
Polarization	$\pm 45^\circ$				
Gain (dBi)	2×15.5	2×16	2×16.5 2×16.5	2×16.8 2×16.8	2×17 2×17
Electrical downtilt (°)	0~10	0~10	0~10	0~10	0~10
Half-power beam width (°)	Hor:68 Ver:10.5	Hor:66 Ver:9.5	Hor:68 Ver:7	Hor:64 Ver:6.5	Hor:62 Ver:6
Sidelobe suppression (dB) (First sidelobe above main beam)	0°...5°...10° 16...15...14	0°...5°...10° 16...15...14	0°...5°...10° 16...15...14	0°...5°...10° 16...15...14	0°...5°...10° 16...15...14
Front-to-back ratio (dB)	Copolar $\geq 28$ , Cross-polar $\geq 25$ Typ.				
Isolation (dB)	$\geq 30$				
Cross-polar ratio (dB)	$\geq 15$ ( $\pm 60^\circ \geq 10$ )				
Impedance ( $\Omega$ )	50				
VSWR	$\leq 1.5$				
Intermodulation IM3 (2×43dBm carrier)	$\leq -150$ dBc				
Maximum input power (W)	400/200/200				
Lightning protection	DC Ground				

Mechanical specifications	
Connector	6×7/16DIN-Female
Connector position	Bottom
Height×width×depth (mm)	1980×298×146
Packing size (mm)	2310×400×270
Antenna weight (kg)	24
Installation kit weight (kg)	4.9
Packing weight (kg)	33.5
Wind loading area (m <sup>2</sup> )	0.59
Max. wind velocity (m/s)	60
Reflector material	Aluminum Alloy
Radome material	Uv PVC
Radome color	Gray
Mechanical tilt (°)	0~10
Operating temperature (°C)	-40~60
Mounting hardware (mm)	φ 50~φ115

**Gambar and Pattern of Antenna**



*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## Screenshoot G-Net Track

**G-NetTrack Lite v1.9 MENU**

Operator: XL

MCC:510 MNC:11 TAC:54419 Type:LTE  
VNF:540100 CSEL:06 PCI:401 TA:1  
RSCP:-26 RSRP:-5 SNR: CO:12 RSSI:  
Longitude:112.68267 Latitude:7.36156  
Speed:4km/h GPS Accuracy:GPS off  
Height:37m Altitude:37m Distance:0m

UL: 0 Mbps DL: 0 Mbps

Data: XL-LTE

Sampling interval: 30 sec

Time	ACC	Mode	CS	PCI	Load	SNR	Type	Speed
11:00:01	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:02	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:03	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:04	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:05	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:06	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:07	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:08	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:09	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:10	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:11	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:12	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:13	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:14	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:15	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:16	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:17	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:18	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:19	54419	54419	6	401	0	0	40	0
11:00:20	54419	54419	6	401	0	0	40	0

**G-NetTrack Lite v1.9 MENU**

Operator: XL

MCC:510 MNC:11 TAC:54419 Type:LTE  
VNF:540100 CSEL:06 PCI:402 TA:0  
RSCP:-66 RSRP:-4 SNR: CO:12 RSSI:  
Longitude:112.68321 Latitude:7.363425  
Speed:3km/h GPS Accuracy:GPS off  
Height:34m Altitude:34m Distance:0m

UL: 0 Mbps DL: 0 Mbps

Data: XL-LTE

Sampling interval: 30 sec

Time	ACC	Mode	CS	PCI	Load	SNR	Type	Speed
11:00:21	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:22	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:23	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:24	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:25	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:26	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:27	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:28	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:29	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:30	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:31	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:32	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:33	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:34	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:35	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:36	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:37	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:38	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:39	54419	54419	6	402	0	0	40	0
11:00:40	54419	54419	6	402	0	0	40	0

**G-NetTrack Lite v1.9 MENU**

Operator: XL

MCC:510 MNC:11 TAC:54419 Type:LTE  
VNF:540100 CSEL:04 PCI:399 TA:0  
RSCP:-21 RSRP:-11 SNR: CO:11 RSSI:  
Longitude:112.68346 Latitude:7.362416  
Speed:11km/h GPS Accuracy:GPS off  
Height:34m Altitude:34m Distance:0m

UL: 0 Mbps DL: 0 Mbps

Data: XL-LTE

Sampling interval: 30 sec

Time	ACC	Mode	CS	PCI	Load	SNR	Type	Speed
11:00:41	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:42	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:43	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:44	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:45	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:46	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:47	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:48	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:49	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:50	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:51	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:52	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:53	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:54	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:55	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:56	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:57	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:58	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:00:59	54419	54419	6	399	0	0	40	0
11:01:00	54419	54419	6	399	0	0	40	0

**G-NetTrack Lite v1.9 MENU**

Operator: XL

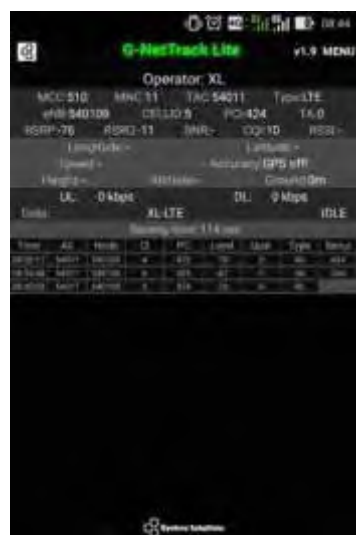
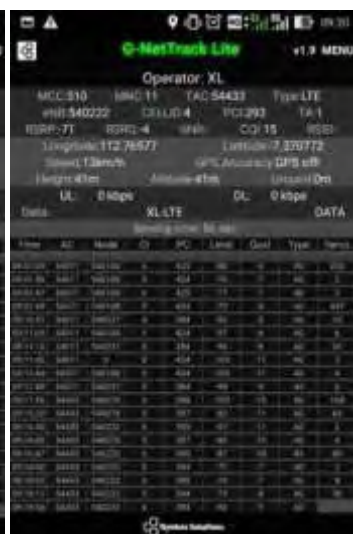
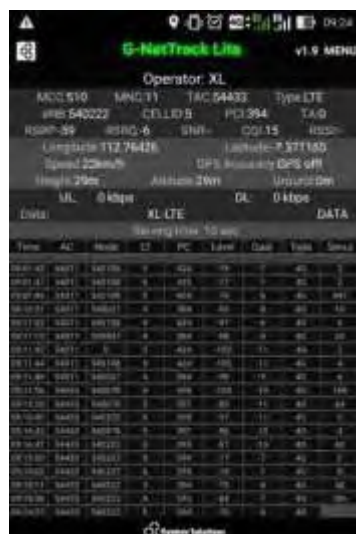
MCC:510 MNC:11 TAC:54435 Type:LTE  
VNF:540222 CSEL:06 PCI:395 TA:0  
RSCP:-58 RSRP:-6 SNR: CO:13 RSSI:  
Longitude:112.75404 Latitude:7.370516  
Speed:3km/h GPS Accuracy:GPS off  
Height:37m Altitude:37m Distance:0m

UL: 0 Mbps DL: 0 Mbps

Data: XL-LTE

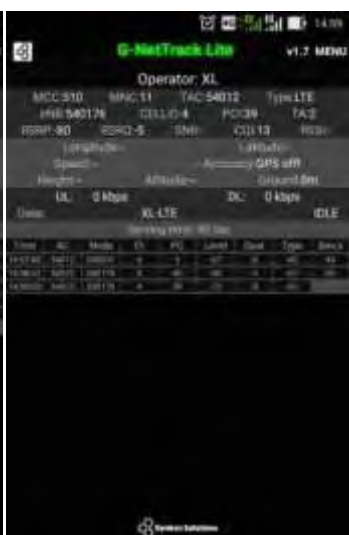
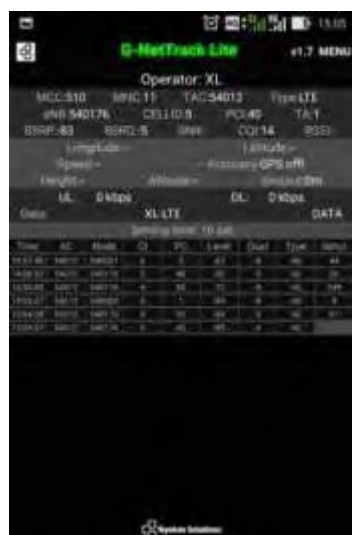
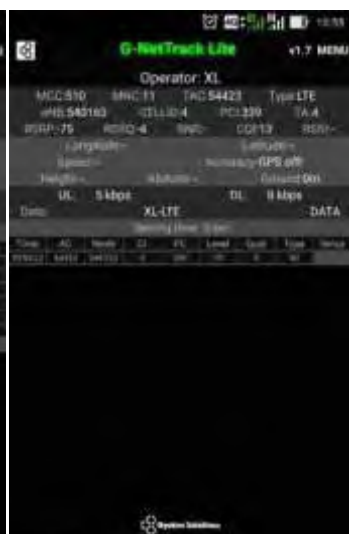
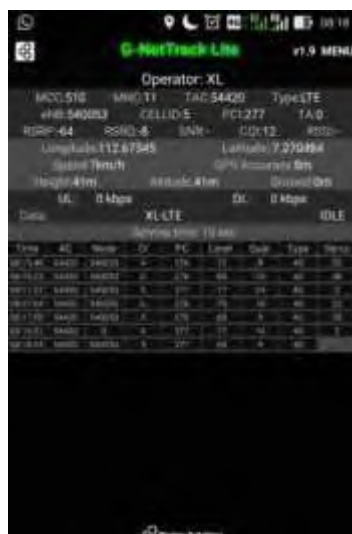
Sampling interval: 30 sec

Time	ACC	Mode	CS	PCI	Load	SNR	Type	Speed
11:01:01	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:02	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:03	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:04	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:05	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:06	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:07	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:08	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:09	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:10	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:11	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:12	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:13	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:14	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:15	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:16	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:17	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:18	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:19	54435	54435	6	395	0	0	40	0
11:01:20	54435	54435	6	395	0	0	40	0

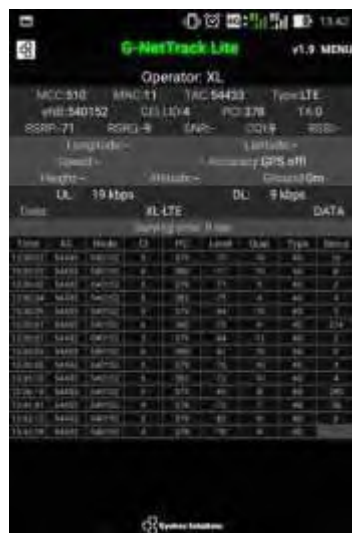














[illegible][illegible]







## Screenshoot Ookla Speedtest



Symbol	Open	High	Low	Close
₹  <small>100% 100%</small>	52.36	21.10	27	
₹  <small>100% 100%</small>	46.40	20.80	27	
₹  <small>100% 100%</small>	46.00	20.94	26	
₹  <small>100% 100%</small>	8.02	11.75	54	
₹  <small>100% 100%</small>	6.09	12.02	53	
₹  <small>100% 100%</small>	6.46	9.94	65	

Symbol	Open	High	Low	Close
₹  <small>100% 100%</small>	3.62	20.40	51	
₹  <small>100% 100%</small>	7.53	20.09	38	
₹  <small>100% 100%</small>	4.45	19.68	51	
₹  <small>100% 100%</small>	14.81	20.20	33	
₹  <small>100% 100%</small>	11.56	20.12	32	
₹  <small>100% 100%</small>	11.93	20.13	33	

Symbol	Open	High	Low	Close
₹  <small>100% 100%</small>	4.98	20.68	39	
₹  <small>100% 100%</small>	3.65	10.79	39	
₹  <small>100% 100%</small>	3.32	11.32	38	
₹  <small>100% 100%</small>	3.84	10.86	45	
₹  <small>100% 100%</small>	4.31	19.96	49	
₹  <small>100% 100%</small>	3.08	17.36	53	

Symbol	Open	High	Low	Close
₹  <small>100% 100%</small>	3.61	11.62	39	
₹  <small>100% 100%</small>	3.96	11.35	33	
₹  <small>100% 100%</small>	5.94	10.90	39	
₹  <small>100% 100%</small>	3.74	9.90	45	
₹  <small>100% 100%</small>	4.64	11.44	53	
₹  <small>100% 100%</small>	3.89	11.24	39	

	0	0	0	0	0
٧	4.71	17.44	39		
٧	7.28	9.80	39		
٧	4.72	8.13	34		
٧	8.97	11.39	32		
٧	3.78	10.94	44		
٧	5.57	11.04	39		

	0	0	0	0	0
٧	2.69	10.29	48		
٧	3.23	11.51	44		
٧	3.34	9.97	52		
٧	5.43	20.63	33		
٧	5.58	12.43	37		
٧	9.96	16.22	32		

	0	0	0	0	0
٧	5.24	9.53	40		
٧	3.47	21.01	35		
٧	4.86	20.21	33		
٧	3.54	11.12	35		
٧	2.81	10.91	33		
٧	3.38	20.48	49		

	0	0	0	0	0
٧	3.71	11.67	39		
٧	4.92	10.78	42		
٧	2.32	11.38	57		
٧	2.38	11.31	52		
٧	2.86	11.29	49		
٧	4.58	9.98	41		

	1	2	3	4	5
1	1.28	19.00	35		
2	2.12	10.74	27		
3	1.15	10.32	28		
4	3.08	11.20	54		
5	4.02	11.08	34		
6	3.95	10.90	37		

	1	2	3	4	5
1	3.06	12.14	35		
2	3.13	11.91	34		
3	1.76	12.53	34		
4	2.26	12.37	27		
5	5.16	20.79	28		
6	2.31	17.08	27		

	1	2	3	4	5
1	3.57	9.26	32		
2	2.41	19.92	27		
3	7.21	20.81	29		
4	5.12	14.57	29		
5	2.78	19.58	27		
6	3.36	12.98	29		

	1	2	3	4	5
1	5.27	19.59	29		
2	4.71	17.13	29		
3	2.71	13.88	27		
4	4.31	18.29	29		
5	4.53	13.21	29		
6	3.34	16.18	30		

	1	2	3	4	5
ኢ	3.37	11.69	25		
ኢ	3.37	10.70	33		
ኢ	3.99	20.44	27		
ኢ	5.15	16.53	27		
ኢ	4.56	19.93	28		
ኢ	6.75	20.13	29		

	1	2	3	4	5
ኢ	2.22	16.91	27		
ኢ	2.30	19.25	29		
ኢ	4.66	21.18	29		
ኢ	3.95	21.81	27		
ኢ	2.65	16.18	27		
ኢ	2.47	22.05	31		

	1	2	3	4	5
ኢ	5.62	20.49	27		
ኢ	3.08	17.00	27		
ኢ	4.86	18.98	27		
ኢ	4.00	19.04	37		
ኢ	6.42	17.40	26		
ኢ	3.17	18.63	29		

	1	2	3	4	5
ኢ	2.21	13.09	37		
ኢ	2.56	7.95	39		
ኢ	1.96	18.39	31		
ኢ	2.30	9.71	35		
ኢ	2.63	8.48	27		
ኢ	4.87	19.20	27		



Time	Time	Download	Upload	Latency
$T_{in}$	12.73	15.31	31	
$T_{in}$	9.77	17.24	31	
$T_{in}$	13.95	20.06	32	
$T_{in}$	10.72	19.09	31	
$T_{in}$	13.44	20.09	37	
$T_{in}$	17.79	17.17	31	

Time	Time	Download	Upload	Latency
$T_{in}$	37.00	18.74	31	
$T_{in}$	31.42	18.75	37	
$T_{in}$	14.06	14.67	32	
$T_{in}$	12.16	15.51	33	
$T_{in}$	13.25	12.04	31	
$T_{in}$	11.54	15.08	31	

Time	Time	Download	Upload	Latency
$T_{in}$	19.92	19.91	57	
$T_{in}$	12.71	10.89	48	
$T_{in}$	8.96	11.32	63	
$T_{in}$	13.92	20.52	49	
$T_{in}$	15.98	20.77	52	
$T_{in}$	16.98	19.41	49	

Time	Time	Download	Upload	Latency
$T_{in}$	22.07	20.15	62	
$T_{in}$	22.68	20.32	48	
$T_{in}$	17.13	20.40	53	
$T_{in}$	9.61	20.99	59	
$T_{in}$	7.43	20.63	59	
$T_{in}$	8.50	20.67	49	

TYPE	TIME	30000-5000	40000-5000	5000
$T_{ad}$	26.10	19.62	55	
$T_{ad}$	27.65	18.30	51	
$T_{ad}$	25.93	19.40	49	
$T_{ad}$	13.76	11.10	53	
$T_{ad}$	21.14	19.97	49	
$T_{ad}$	21.22	20.31	53	

TYPE	TIME	30000-5000	40000-5000	5000
$T_{ad}$	10.25	10.22	57	
$T_{ad}$	10.94	10.70	57	
$T_{ad}$	8.60	10.67	47	
$T_{ad}$	20.76	21.34	49	
$T_{ad}$	24.96	20.11	61	
$T_{ad}$	27.04	19.23	57	

TYPE	TIME	30000-5000	40000-5000	5000
$T_{ad}$	26.23	19.98	53	
$T_{ad}$	12.64	19.96	55	
$T_{ad}$	25.26	20.11	59	
$T_{ad}$	25.22	20.05	47	
$T_{ad}$	25.97	19.60	61	
$T_{ad}$	24.65	20.62	53	

TYPE	TIME	30000-5000	40000-5000	5000
$T_{ad}$	19.99	12.13	57	
$T_{ad}$	2.32	20.80	51	
$T_{ad}$	3.71	10.05	47	
$T_{ad}$	15.87	11.73	63	
$T_{ad}$	7.51	10.42	59	
$T_{ad}$	9.84	10.94	71	

	TIME	TIME	ADJUSTED	UNADJ	WAGE
$\Upsilon_{it}$	19.90	21.14	47		
$\Upsilon_{it}$	21.23	20.65	55		
$\Upsilon_{it}$	19.21	11.58	49		
$\Upsilon_{it}$	5.73	11.85	69		
$\Upsilon_{it}$	18.84	11.95	49		
$\Upsilon_{it}$	4.99	11.19	57		

	TIME	TIME	ADJUSTED	UNADJ	WAGE
$\Upsilon_{it}$	28.97	21.09	49		
$\Upsilon_{it}$	20.84	11.69	47		
$\Upsilon_{it}$	20.58	11.81	46		
$\Upsilon_{it}$	10.21	11.29	52		
$\Upsilon_{it}$	17.82	20.13	64		
$\Upsilon_{it}$	3.36	20.23	57		

	TIME	TIME	ADJUSTED	UNADJ	WAGE
$\Upsilon_{it}$	17.01	20.46	71		
$\Upsilon_{it}$	16.92	11.55	57		
$\Upsilon_{it}$	15.81	11.40	45		
$\Upsilon_{it}$	12.90	11.24	57		
$\Upsilon_{it}$	28.57	21.80	45		
$\Upsilon_{it}$	27.65	21.26	55		

	TIME	TIME	ADJUSTED	UNADJ	WAGE
$\Upsilon_{it}$	16.52	11.82	51		
$\Upsilon_{it}$	18.94	20.85	51		
$\Upsilon_{it}$	19.16	22.45	53		
$\Upsilon_{it}$	13.86	20.95	45		
$\Upsilon_{it}$	15.44	20.80	46		
$\Upsilon_{it}$	22.47	20.40	49		

TIME	DATE	REFERENCE	CURRENT	PERCENT
$T_{in}$	13.84	11.45	51	
$T_{in}$	20.33	20.89	50	
$T_{in}$	23.53	20.35	59	
$T_{in}$	15.34	11.81	57	
$T_{in}$	10.00	11.65	53	
$T_{in}$	17.44	11.44	57	

TIME	DATE	REFERENCE	CURRENT	PERCENT
$T_{in}$	29.40	21.37	56	
$T_{in}$	29.30	21.51	47	
$T_{in}$	12.90	20.95	58	
$T_{in}$	17.21	11.67	40	
$T_{in}$	18.76	11.53	55	
$T_{in}$	14.98	11.61	63	

TIME	DATE	REFERENCE	CURRENT	PERCENT
$T_{in}$	22.31	12.35	55	
$T_{in}$	29.15	21.01	57	
$T_{in}$	29.00	21.66	49	
$T_{in}$	32.30	21.83	56	
$T_{in}$	29.14	22.07	57	
$T_{in}$	23.91	21.08	48	

TIME	DATE	REFERENCE	CURRENT	PERCENT
$T_{in}$	17.28	20.72	55	
$T_{in}$	16.05	11.76	59	
$T_{in}$	14.21	11.65	55	
$T_{in}$	13.52	10.96	49	
$T_{in}$	19.60	12.44	71	
$T_{in}$	22.20	12.47	49	

TYPE	TYPE	CONCENTRATION	PHASE	TIME
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	20.88	19.35	56
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	16.73	18.55	59
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	13.71	11.71	45
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	12.52	11.56	55
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	13.75	10.26	59
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	22.56	21.07	45

TYPE	TYPE	CONCENTRATION	PHASE	TIME
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	4.56	12.59	143
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	8.69	11.74	53
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	5.98	13.08	65
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	5.78	21.42	51
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	4.37	21.95	53
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	7.68	20.64	71

TYPE	TYPE	CONCENTRATION	PHASE	TIME
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	11.29	19.29	45
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	11.95	18.21	58
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	4.09	11.81	65
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	3.71	12.23	57
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	4.37	12.11	60
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	4.30	12.45	57

TYPE	TYPE	CONCENTRATION	PHASE	TIME
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	4.21	11.27	59
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	2.82	11.82	73
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	4.07	11.13	63
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	12.78	10.92	51
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	6.09	11.23	59
$\gamma_{\text{L}}$	CONCENTRATION (11.44)	11.50	16.47	63

TYPE	TIME	DOWN/UP	DOWN	UP	TIME
Y <sub>1</sub>	7.27	22.27	32		
Y <sub>2</sub>	10.08	21.38	33		
Y <sub>3</sub>	12.04	22.26	33		
Y <sub>4</sub>	7.74	21.84	32		
Y <sub>5</sub>	12.40	21.84	32		
Y <sub>6</sub>	8.07	19.05	33		

TYPE	TIME	DOWN/UP	DOWN	UP	TIME
Y <sub>1</sub>	28.69	22.09	33		
Y <sub>2</sub>	12.82	20.32	33		
Y <sub>3</sub>	11.44	22.07	33		
Y <sub>4</sub>	10.27	20.10	37		
Y <sub>5</sub>	6.17	21.41	33		
Y <sub>6</sub>	10.10	21.70	34		

TYPE	TIME	DOWN/UP	DOWN	UP	TIME
Y <sub>1</sub>	6.45	15.18	35		
Y <sub>2</sub>	4.01	11.60	37		
Y <sub>3</sub>	5.22	11.16	33		
Y <sub>4</sub>	8.56	7.91	33		
Y <sub>5</sub>	25.18	22.46	33		
Y <sub>6</sub>	29.60	22.19	33		

TYPE	TIME	DOWN/UP	DOWN	UP	TIME
Y <sub>1</sub>	10.59	15.46	36		
Y <sub>2</sub>	7.36	14.40	31		
Y <sub>3</sub>	9.63	13.81	34		
Y <sub>4</sub>	11.30	15.89	33		
Y <sub>5</sub>	10.41	12.24	35		
Y <sub>6</sub>	9.84	15.40	32		

	TYPE	TIME	DOWNLOAD	UPLOAD	PING
Y <sub>1</sub>	100%	16.15	21.99	35	
Y <sub>2</sub>	100%	14.03	18.56	33	
Y <sub>3</sub>	100%	13.10	19.19	31	
Y <sub>4</sub>	100%	15.12	19.96	33	
Y <sub>5</sub>	100%	13.68	20.62	30	
Y <sub>6</sub>	100%	12.54	16.44	33	

	TYPE	TIME	DOWNLOAD	UPLOAD	PING
Y <sub>1</sub>	100%	11.99	12.53	39	
Y <sub>2</sub>	100%	15.36	12.09	35	
Y <sub>3</sub>	100%	12.57	21.84	33	
Y <sub>4</sub>	100%	16.18	22.07	37	
Y <sub>5</sub>	100%	11.41	22.30	34	
Y <sub>6</sub>	100%	12.44	22.18	35	

	TYPE	TIME	DOWNLOAD	UPLOAD	PING
Y <sub>1</sub>	100%	1.78	20.34	35	
Y <sub>2</sub>	100%	1.68	20.39	29	
Y <sub>3</sub>	100%	1.24	19.38	31	
Y <sub>4</sub>	100%	1.78	20.01	34	
Y <sub>5</sub>	100%	2.25	19.99	31	
Y <sub>6</sub>	100%	2.94	20.05	31	

	TYPE	TIME	DOWNLOAD	UPLOAD	PING
Y <sub>1</sub>	100%	0.91	21.02	32	
Y <sub>2</sub>	100%	0.88	21.25	30	
Y <sub>3</sub>	100%	1.07	20.30	31	
Y <sub>4</sub>	100%	1.01	20.06	58	
Y <sub>5</sub>	100%	1.13	20.18	29	
Y <sub>6</sub>	100%	0.90	19.47	31	



	TIME	TIME	CONCENTRATION	WAVELENGTH	TEMP.
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	8.60	21.07	31
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.35	20.10	30
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.11	20.10	29
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	0.56	21.63	30
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	2.43	22.08	32
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	0.90	21.70	31

	TIME	TIME	CONCENTRATION	WAVELENGTH	TEMP.
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.90	21.15	31
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	2.67	20.43	30
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.05	20.37	31
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	2.59	20.35	33
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.05	20.62	31
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	2.23	20.10	33

	TIME	TIME	CONCENTRATION	WAVELENGTH	TEMP.
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.63	20.88	32
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.89	22.06	30
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.42	20.01	31
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.84	21.02	33
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.28	22.05	29
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.23	21.56	29

	TIME	TIME	CONCENTRATION	WAVELENGTH	TEMP.
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	2.47	20.92	31
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.64	20.16	31
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.00	20.30	31
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	2.07	20.36	31
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	1.25	20.55	33
$\gamma_{\text{in}}$	100%	100%	2.90	20.68	31



TYPE	TIME	DOWNLOAD	UPLOAD	PING
$\gamma_{a1}$	3.49	32.19	31	
$\gamma_{a2}$	8.64	14.64	34	
$\gamma_{a3}$	8.72	26.83	33	
$\gamma_{a4}$	8.48	20.10	31	
$\gamma_{a5}$	6.14	28.34	33	
$\gamma_{a6}$	8.84	19.82	33	

TYPE	TIME	DOWNLOAD	UPLOAD	PING
$\gamma_{a1}$	12.75	20.14	31	
$\gamma_{a2}$	12.25	18.76	31	
$\gamma_{a3}$	1.89	21.03	33	
$\gamma_{a4}$	1.41	22.21	29	
$\gamma_{a5}$	1.38	22.13	34	
$\gamma_{a6}$	1.00	21.53	33	

TYPE	TIME	DOWNLOAD	UPLOAD	PING
$\gamma_{a1}$	19.01	19.30	31	
$\gamma_{a2}$	9.05	19.96	30	
$\gamma_{a3}$	10.42	19.81	31	
$\gamma_{a4}$	17.45	19.81	31	
$\gamma_{a5}$	15.43	19.54	32	
$\gamma_{a6}$	16.66	18.77	30	

TYPE	TIME	DOWNLOAD	UPLOAD	PING
$\gamma_{a1}$ <small>1000</small>				

	5	10	15	20	25
1	19.58	19.56	31		
2	12.84	19.21	33		
3	13.01	19.25	32		
4	10.75	19.48	34		
5	9.68	20.25	39		
6	14.10	15.24	32		

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] V Buenestado, J. M Ruiz-Aviles, M. Toril, S. Luna-Ramirez, A. Mendo. 2013. Analysis of Throughput Performance Statistics for Benchmarking LTE Networks. IEEE Communication Letters, Vol: 18, No. 9.
- [2] Junxian Huang, Feng Qian, Alexandre Gerber, Z. Morley Mao. 2012. A Close Examination of Performance and Power Characteristics of 4G LTE Networks. 10th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services.
- [3] Oriol Sallent, Jordi Perez-Romero, Ramon Agusti. 2011. A Roadmap from UMTS Optimization to LTE self-optimization. IEEE Communications Magazine, Vol: 49, Issue: 6.
- [4] Ngoc-Dung Dao, Aaron Callard, Hang Zhang. Downlink Transmission Optimization Framework. 2012. Vehicular Technology Conference.
- [5] LTE User Plane Data Transmission Design Based on Layout Optimization. 2015. IEEE 9th International Conference on Anti-counterfeiting, Security, and Identification.
- [6] 3900 Series Base Station Product Documentation. Huawei Electronic Documentaries Explorer.

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## BIOGRAFI PENULIS



Christian Nindia Pradhikta lahir di kota Pati pada tanggal 24 Juni 1994. Penulis mengenyam pendidikan dasar di Malang, SMPK Sang Timur Malang dan SMAN 1 Malang sebelum akhirnya memuntuskan untuk melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Penulis mengambil jurusan teknik elektro dan fokus pada bidang studi telekomunikasi multimedia. Selama aktif berkuliah di ITS, penulis mengikuti beberapa kepanitiaan mahasiswa. Pengalaman akademik dan aktivitas laboratorium sebagai asisten laboratorium Jaringan Telekomunikasi B.301 dan koordinator praktikum Pengolahan Sinyal Komunikasi juga turut berkontribusi dalam mengembangkan kemampuan penulis selama berada di ITS.